U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

AVALIAÇÃO E GESTÃO DE SITUAÇÕES DE SECA E ESCASSEZ

Aplicação ao caso do Guadiana

EDUARDO BRUNO DE FREITAS VIVAS

Dissertação para Doutoramento em Engenharia Civil
na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Orientador: Professor Doutor Rodrigo Jorge Fonseca de Oliveira Maia

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

POPH PROGRAMA OPERACIONAL POTENCIAL HUMANO

QREN QUADRO DE REFERÊNCIA ESTRATÉGICO NACIONAL PORTUGAL 2007.2013

UNIÃO EUROPEIA
Fundo Social Europeu

FEVEREIRO DE 2011

Aos meus Pais

À Helena

Children of a culture born in a water-rich environment,
we have never really learned how important water is to us.
We understand it, but we do not respect it.
William Ashworth, Nor Any Drop to Drink, 1982

To defeat that arch-enemy, drought, is of course impossible;
but cannot its attacks be circumvented
and their more lasting effects avoided?
Francis Ratcliffe, Flying Fox and Drifting Sand, 1938

RESUMO

Seca e escassez de água correspondem a problemáticas distintas, complexas e com impactos significativos, sendo muitas vezes coexistentes e interdependentes numa dada região. A seca, como fenómeno natural, não pode ser evitada, enquanto a escassez resulta da influência humana, estando associada ao desenvolvimento da região. Não obstante, a escassez torna uma região ainda mais vulnerável à possível ocorrência de impactos em situações de seca.

No estado do conhecimento actual, existem vários métodos de avaliação de secas e, também, algumas formas de quantificação da escassez, em ambos os casos, baseados em indicadores/ índices específicos. Porém, nenhum é de aplicação universal ou atende às características da região para previsão dos expectáveis impactos. No caso das secas, a verificação de impactos é dependente do tipo de utilizações, das origens existentes e mesmo das características socioeconómicas da região, pelo que a avaliação da precipitação não é suficiente. A escassez, por sua vez, depende da variabilidade das disponibilidades, utilizações e infra-estruturas instaladas, dificultando a definição de um critério de avaliação único e rigoroso.

O objectivo da presente tese consiste, assim, no desenvolvimento de uma metodologia, adaptada às características específicas de uma região, para avaliação e gestão de situações de seca. Pretende-se, ainda, que esta avaliação proporcione uma representação fidedigna dos possíveis impactos económicos de seca, servindo de suporte à gestão preventiva e operativa desse tipo de situações, e que permita, também, atender à escassez.

Com base na região hidrográfica do Guadiana, foi seleccionada, como caso de estudo, a área portuguesa a montante do empreendimento de Alqueva. Como principais características salientam-se: a ocorrência regular de situações de seca, a dependência das afluências de Espanha e a representatividade da área face à actual e futura gestão de recursos hídricos da região, considerando aquela reserva estratégica e as perspectivas de desenvolvimento agrícola.

A metodologia desenvolvida tem por base a avaliação de variáveis representativas de diferentes fases do ciclo hidrológico e, consequentemente, das principais origens de água da região. A análise de potenciais efeitos de seca é efectuada por recurso à modelação numérica das principais origens, face a possíveis cenários de evolução das condições meteorológicas. A estimativa de impacto económico tem por base a afectação económica regional, face à situação normal, determinado a partir da quebra de rendimento económico, na agricultura, ou dos custos acrescidos para suprir as necessidades, no caso do abastecimento urbano. A aplicação desta metodologia à avaliação de longo prazo (10 anos) permitirá, ainda, analisar o comportamento global das diferentes origens e identificar potenciais problemas de escassez.

Dos resultados obtidos é possível verificar o comportamento satisfatório na avaliação e estimativa de impactos socioeconómicos de situações de seca no período de 1998/99 a 2008/2009, bem como na previsão da evolução dos mesmos, em especial no ano de 2004/05. Verifica-se, igualmente, a identificação de situações de limitação de recursos face às utilizações associadas (escassez), e uma estimativa dos impactos socioeconómicos associados.

Palavras-chave: características da região, monitorização, modelação, balanço disponibilidades/ necessidades, avaliação económica.

ABSTRACT

Droughts and water scarcity are different and complex problems, with significant impacts. Commonly, these are coexistent and interdependent in the same region. Drought, as natural phenomenon, cannot be avoided, while water scarcity is a result of human action and is directly associated to regional development. Nonetheless, water scarcity enhances regional vulnerability to potential precipitation deficits.

At current state, there are already several methods for droughts' monitoring and evaluation and, also, some procedures for water scarcity estimation. Although these assessments are based in the evaluation of specific indicators/ indices, both for droughts or water scarcity, none of the existent methodologies can be universally applied or take into account the regional specificities for impacts' prediction. In the case of droughts, the impacts are mostly dependent of the existent water uses, types of water sources, and even the regional socioeconomic characteristics, reason why the evaluation of precipitation values is not sufficient. Water scarcity quantification, though, depends on the variation of water sources availability, water uses and, also, on the existing infrastructures, being difficult to define an accurate evaluation criterion.

The main goal of this thesis is, then, the definition of a methodology for droughts' evaluation and management, adapted to Portuguese reality. It is also envisaged that this evaluation reflects the potential socioeconomic impacts of a drought situation, supporting decision making on preventive and operational management of drought situations. Moreover, the methodology shall be able to take water scarcity problems into account.

Considering the Guadiana's river basin, the selected case study was the Portuguese area upstream Alqueva's dam. The more important characteristics of this area are the regular occurrence of droughts, the dependence on Spanish water inflows and the representativity of the present and future management of regional water resources, regarding the strategic Alqueva's water reservoir and the foreseen development of intensive agriculture.

The methodology developed in the thesis is based on the evaluation of different variables, representative of the different hydrological stages and, consequently, of the main water sources of the region. The assessment of potential drought effects is assured with numerical modeling of water sources' availability, under probable meteorological scenarios. The estimation of regional economic impacts due to drought is assured, for main water users, regarding the income reduction on agricultural sector and the increase of water supply costs, in urban sector, to satisfy demand. The application of the same procedure to long term simulations (10 years) will enable, also, the overall analysis of water sources and identification of scarcity problems.

From the attained results it is possible to conclude the reasonable evaluation and impacts' estimation of drought situations occurred in the period of assessment 1998/99 to 2008/2009, as well as the prediction of drought impacts for 2004/05. Moreover, is possible to confirm the identification of specific situations of water use restrictions (water scarcity), and attain the estimation of respective socioeconomic impacts.

Keywords: regional characteristics, monitoring, modeling, availabilities/ water use balance, economic assessment.

RÉSUMÉ

Sécheresse et pénurie d'eau correspondent à des problématiques différentes, au caractère complexe et avec des impacts significatifs, coexistant souvent et étant interdépendants dans une région. La sécheresse, étant un phénomène naturel, elle est impossible à éviter, tandis que la pénurie résulte de l'influence humaine, étant associée au développement de la région. Nonobstant, la pénurie rend une région plus vulnérable à l'apparition d'impacts de sécheresse.

Dans l'état de la connaissance actuelle, il existe différentes méthodes d'évaluation de la sécheresse et, aussi, quelques façons de quantifier la pénurie, dans les deux cas, basées sur des indicateurs/indices spécifiques. Néanmoins, aucune n'est d'application universelle ou considère les caractéristiques de la région pour la prévision des impacts attendus. Dans les cas de sécheresse, la vérification des impacts dépend du type d'utilisations, des origines en eau et aussi des caractéristiques socioéconomiques de la région, n'étant l'évaluation de la précipitation pas suffisante. La pénurie, pour sa part, dépend de la variabilité des disponibilités, des utilisations et des infrastructures installées, ce qui rend difficile la définition d'un critère unique et rigoureux.

L'objectif de cette thèse consiste, ainsi, dans le développement d'une méthodologie, adaptée aux caractéristiques spécifiques d'une région, d'évaluation et de gestion de situations de sécheresse. Cette évaluation doit également permettre une représentation fiable des possibles impacts économiques de la sécheresse, servant de support à la gestion préventive et opérative de ce genre de situations, et qui permette également répondre à la pénurie.

Prenant comme base la région hydrographique du Guadiana, l'étude de cas sélectionnée a été la zone portugaise en amont d'Alqueva. Les principales caractéristiques à considérer sont l'occurrence régulière de situations de sécheresse, la dépendance des apports d'Espagne et la représentativité face à l'actuelle et la future gestion des ressources hydriques de la région, considérant la réserve stratégique d'Alqueva et les perspectives de développement agricole.

La méthodologie développée est basée sur l'évaluation de variables représentatives de différentes phases du cycle hydrologique et donc des principales origines en eau de la région. L'analyse des potentiels effets de la sécheresse s'effectue par modélisation numérique des principales origines, face aux possibles scénarios d'évolution des conditions météorologiques. L'estimation de l'impact économique est basée sur l'affectation économique régionale, face à la situation normale, déterminée à partir de la perte de rendement économique, pour le cas de l'agriculture, ou par la majoration des coûts pour satisfaire la demande en eau, dans le cas de l'approvisionnement urbain. L'application de cette méthodologie à l'évaluation à long terme (10 ans) permet également d'analyser le comportement global des différentes origines et d'identifier des potentiels problèmes de pénurie.

Des résultats obtenus, il est possible de vérifier le comportement satisfaisant de l'évaluation et de l'estimation des impacts socioéconomiques des situations de sécheresse pour la période entre 1988/99 à 2008/2009, ainsi que de la prévision de l'évolution pour l'année 2004/2005. Il est également possible d'identifier des situations de limitation de ressources face aux utilisations (pénurie) et une estimation des impacts socioéconomiques associés.

Mots-clefs: caractéristiques de la région, surveillance, modélisation, bilan disponibilités/nécessités, évaluation économique.

AGRADECIMENTOS

No período de desenvolvimento da presente dissertação fui contando com o apoio e contributo de várias pessoas e entidades que, de forma directa ou indirecta, acabaram por ter um papel bastante importante no resultado final agora apresentado.

O trabalho teve início com um desafio que me foi lançado pelo Professor Rodrigo Maia, a quem devo a orientação, o apoio e, acima de tudo, a confiança e o crédito depositados na minha pessoa e no trabalho que fui desenvolvendo. Por tudo o que aprendi nestes anos de trabalho conjunto e, por toda a preparação para futuro, a nível profissional e, também, pessoal, o meu profundo agradecimento.

Agradeço também à Fundação para a Ciência e Tecnologia, por me ter concedido, no período de 2006 a 2009, o financiamento de uma bolsa de formação avançada, SFRH/24506/2005, ao abrigo do Programa Operacional Potencial Humano – QREN, co-financiado por fundos nacionais do Ministério da Ciência e Tecnologia e Ensino Superior e pelo Fundo Social Europeu da União Europeia.

De igual forma, este trabalho não teria sido possível sem o importante apoio, interesse e contributos do Instituto da Água, I.P., através do Departamento de Planeamento e Gestão do Domínio Hídrico e, em especial, do Eng.º Adérito Mendes, que muito contribuiu ao impulsionamento de um projecto para o desenvolvimento de um Sistema de Previsão e Gestão de Seca (SPGS). Esse projecto, cuja base científica se desenrolou em paralelo e em interacção directa com a presente dissertação, permitiu uma maior ligação à realidade do trabalho agora apresentado, em especial no que diz respeito à gestão de situações de seca, bem como o acesso privilegiado a alguns dados e informações fundamentais à validação do mesmo. À equipa do INAG, I.P. envolvida no desenvolvimento deste projecto, Eng.ª Fernanda Gomes, Eng.ª Sofia Batista, Eng.º Arnaldo Nisa e Dr.ª Filipa Pereira o meu agradecimento pela salutar partilha de opiniões, nas reuniões havidas no âmbito do projecto SPGS.

Ainda no âmbito desse projecto, foi possível contar com a proveitosa colaboração, para a componente agronómica, da equipa da Universidade de Évora, Professor Ricardo Serralheiro, Professor Mário de Carvalho, Professor João Corte Real e Eng.ª Célia Toureiro que, numa constante boa disposição e simpatia, me permitiram uma melhor compreensão da utilização da água na agricultura e dos impactos de seca resultantes nesta actividade, fundamentais a uma correcta avaliação e gestão de situações de seca e escassez.

Por outro lado, gostaria de agradecer à empresa EDIA, S.A. pela disponibilização de dados, no âmbito do projecto SPGS, que me permitiram compreender melhor o funcionamento actual e futuro do sistema EFMA.

No seio da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto devo agradecer alguns contributos bastante importantes de pessoas que, não estando directamente envolvidas no trabalho em desenvolvimento, nunca me negaram todo o apoio necessário e o esclarecimento de quaisquer dúvidas que surgissem e que, desinteressadamente, sempre me incentivaram e procuraram valorizar, enquanto profissional e enquanto pessoa. Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Professor Eli Feinerman da Universidade Hebraica de Jerusalém, que, durante a sua estada na FEUP, em licença sabática, para colaboração com o Professor Rodrigo Maia, me

proporcionou uma importante aprendizagem, a todos os níveis, mas também da avaliação económica da utilização da água. Gostaria ainda de prestar o meu agradecimento ao Professor Francisco Calheiros, da FEUP, que com os seus conhecimentos na área de estatística e probabilidades e, com a sua peculiar maneira de ser, me fizeram ver com outros olhos o trabalho que tinha em mãos.

Ao Professor João Pedro Pêgo e aos colegas (por ordem meramente alfabética) Ana Catarina Ferreira, Cristina Silva, Hélder Magalhães, Juliana Mendes, Luís Correia e Rita Cunha que colaboraram mais directamente, ainda que em diferentes fases, para o trabalho agora apresentado, o meu especial agradecimento e reconhecimento pelo esforço, dedicação, auxílio e frutíferas contribuições. Além disso, aqui fica um obrigado especial a todos os Professores e colegas que contribuíram, ao longo destes anos, para um bom ambiente de trabalho e um saudável relacionamento diário resultando, em muitos casos, em relações de amizade para futuro.

Não poderia deixar de proferir, ainda, uma palavra importante a toda a minha família e amigos que aguentaram as minhas ausências, os meus desabafos e que sempre me prestaram todo o apoio, compreensão e motivação de que necessitava.

Por último, tenho de agradecer aos meus pais, por me terem proporcionado as bases que considero essenciais na minha formação enquanto pessoa e, obviamente, à Helena por todo o seu apoio e amor incondicional.

Porto, Fevereiro de 2011

Eduardo Bruno de Freitas Vivas

ÍNDICE

RESUMO V

ABSTRACT VII

RÉSUMÉ IX

AGRADECIMENTOS XI

ÍNDICE XIII

ÍNDICE DE FIGURAS XVII

ÍNDICE DE TABELAS XXVII

LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS XXXIX

LISTA DE VARIÁVEIS XLIII

INTRODUÇÃO 1

1. ENQUADRAMENTO E CONCEITOS DE BASE 5

1.1 GERAL 5
1.2 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS 7
1.2.1 Breve perspectiva histórica 7
1.2.2 Utilizações da água 9
1.2.3 Importância global das utilizações 13
1.3 SECAS E ESCASSEZ DE ÁGUA 15
1.3.1 Conceitos e definições de base 15
1.3.2 Importância das secas e escassez de água 25
1.3.3 Impactos de seca e de escassez 29
1.3.4 Novos desafios à gestão de secas e de escassez 33
1.3.5 Problemática associada à gestão de secas e de escassez 38
1.4 LINHAS ORIENTADORAS NA POLÍTICA EUROPEIA DE ESCASSEZ E SECAS 38
1.5 ENQUADRAMENTO LEGAL E INSTITUCIONAL EM PORTUGAL 42
1.5.1 Enquadramento legal de base 43
1.5.2 Enquadramento institucional 50
1.6 SITUAÇÃO EM PORTUGAL NA AVALIAÇÃO E GESTÃO DE SITUAÇÕES DE SECA E ESCASSEZ 55
1.6.1 Avaliação e gestão de situações de seca 55
1.6.2 Avaliação e gestão de situações de escassez 59
1.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 61

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ESTADO DO CONHECIMENTO 69

2.1 INTRODUÇÃO 69
2.2 DESENVOLVIMENTOS NA AVALIAÇÃO E GESTÃO DE SITUAÇÕES DE SECA 70
2.2.1 Experiência a nível mundial no planeamento e gestão de situações de seca 70
2.2.2 Análise e gestão de risco 83
2.2.3 Indicadores/ Índices de seca 85
2.2.4 Esquemas de avaliação regional de severidade de seca 105
2.2.5 Previsão da evolução de situações de seca 127
2.2.6 Avaliação socioeconómica de impactos de seca 129
2.3 DESENVOLVIMENTOS NA AVALIAÇÃO E GESTÃO DE ESCASSEZ 133
2.3.1 Indicadores/ Índices de escassez 134

2.3.2 Desenvolvimentos na avaliação da escassez a nível Europeu *141*
2.4 PRINCIPAIS CONCLUSÕES E LINHAS ORIENTADORAS 143
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 145

3. DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO 159

3.1 ANÁLISE DE SITUAÇÕES DE ESCASSEZ - CONTEXTO NACIONAL 159
3.2 IMPACTOS DAS PRINCIPAIS SITUAÇÕES DE SECA - CONTEXTO NACIONAL 161
3.3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO GUADIANA 166
3.3.1 Características gerais *166*
3.3.2 Características climáticas *168*
3.3.3 Acordos luso-espanhóis para a gestão de recursos hídricos *169*
3.3.4 Breve caracterização da parte Espanhola da bacia *172*
3.3.5 Breve caracterização da parte Portuguesa da bacia *182*
3.3.6 Impactos das principais situações de seca na parte Portuguesa da bacia do Guadiana *201*
3.4 DEFINIÇÃO DA ZONA DE ESTUDO. 215
3.4.1 Selecção da zona modelo a estudar *215*
3.4.2 Definição de unidades espaciais de análise e de gestão de recursos hídricos (UAG) *217*
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 231

4. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E GESTÃO DE SITUAÇÕES DE SECA E ESCASSEZ 237

4.1 OBJECTIVOS DE BASE 237
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO "PERIGO" DE SECA POR ANÁLISE DE VARIÁVEIS INSTRUMENTAIS 239
4.2.1 Precipitação *241*
4.2.2 Escoamento *267*
4.2.3 Volumes armazenados em albufeiras *274*
4.2.4 Níveis piezométricos *282*
4.2.5 Considerações finais *291*
4.3 AVALIAÇÃO SOCIOECONÓMICA DE IMPACTOS DE SECA (ANÁLISE DE VULNERABILIDADES) 292
4.3.1 Objectivos e princípios gerais *292*
4.3.2 Avaliação do sector agrícola *295*
4.3.3 Avaliação do sector do abastecimento urbano *314*
4.4 DEFINIÇÃO DO ESQUEMA GERAL DE AVALIAÇÃO 342
4.4.1 Gestão do risco de seca (previsão de evolução futura) *342*
4.4.2 Avaliação da severidade de seca (situação actual) *361*
4.5 MODELAÇÃO DA ZONA EM ESTUDO 363
4.5.1 Águas subterrâneas – Captações no Maciço Antigo Indiferenciado *364*
4.5.2 Águas subterrâneas – Captações em Sistemas aquíferos *368*
4.5.3 Águas superficiais – Pequenas albufeiras de iniciativa privada (Regadio Privado) *405*
4.5.4 Águas superficiais – Albufeiras públicas *416*
4.6 CLASSIFICAÇÃO DA SEVERIDADE DE SECA 437
4.6.1 Sector agrícola *437*
4.6.2 Abastecimento urbano *437*
4.6.3 Afectação regional de seca *438*
4.7 APLICAÇÃO À AVALIAÇÃO DE ESCASSEZ 442
4.7.1 Critério de avaliação *443*
4.7.2 Avaliação socioeconómica de impactos de escassez *443*
4.7.3 Avaliação de cenários futuros *444*
4.8 CONCLUSÕES 447
4.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 450

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS **459**

5.1 Análise de situações de seca no período 1998/99-2008/09 460
5.1.1 Resultados, por sector, ao final do ano hidrológico (Setembro) *460*
5.1.2 Resultados agregados ao nível regional (UAG) *493*
5.2 Aplicação à avaliação da seca 2004/05 497
5.2.1 Gestão do risco de seca *497*
5.2.2 Avaliação da situação actual *524*
5.3 Avaliação de escassez no período 1998/99-2008/09 534
5.3.1 Volumes em défice *534*
5.3.2 Avaliação socioeconómica de impactos *537*
5.4 Conclusões 538
5.5 Referências bibliográficas 541

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURO **543**

6.1 Sumário e principais conclusões 543
6.2 Recomendações futuras 546

ANEXOS **549**

Anexo 1 – Impactos de seca no sector do Abastecimento Urbano, por concelho (Seca 2005) 551
Quadro resumo dos impactos da Seca 2005, por concelho, no sector do Abastecimento Urbano *553*
Anexo 2 – Séries de Precipitação mensal, por Unidade de Análise e Gestão 557
Série de precipitação mensal (mm) ponderada para a Unidade de Análise e Gestão 1 (UAG 1) *559*
Série de precipitação mensal (mm) ponderada para a Unidade de Análise e Gestão 2 (UAG 2) *560*
Série de precipitação mensal (mm) ponderada para a Unidade de Análise e Gestão 3 (UAG 3) *561*
Anexo 3 – Ajuste da função *Gamma* a dados de Precipitação acumulada a 3, 6 e 12 meses. 563
Parâmetros de caracterização, e respectivo p value, no ajuste da função distribuição de probabilidade Gamma à precipitação acumulada de 3 meses, em cada mês, por UAG. *565*
Parâmetros de caracterização, e respectivo p value, no ajuste da função distribuição de probabilidade Gamma à precipitação acumulada de 6 meses, em cada mês, por UAG. *565*
Parâmetros de caracterização, e respectivo p value, no ajuste da função distribuição de probabilidade Gamma à precipitação acumulada de 12 meses, em cada mês, por UAG. *565*
Anexo 4 – Avaliação de dados de Prec mensal abaixo da mediana (UAG 2 e UAG 3) 567
Avaliação de dados de P mensal (mm) abaixo da mediana – UAG 2 *569*
Avaliação de dados de P mensal (mm) abaixo da mediana – UAG 3 *570*
Anexo 5 – Histórico de registos de escoamento mensal (mm) das estações hidrométricas avaliadas 571
Série de dados de escoamento mensal (mm) – Estação hidrométrica de Monte Pisão (UAG 1) *573*
Série de dados de escoamento mensal (mm) – Estação hidrométrica de Ponte Algalé (UAG 1) *574*
Série de dados de escoamento mensal (mm) – Estação hidrométrica de Amieira (UAG 3) *575*
Anexo 6 – Histórico de registos de volumes armazenados ao final do mês (hm3) nas principais albufeiras públicas 577
Série de dados de volumes armazenados ao final do mês (hm3) – Albufeira do Caia (UAG 1) *579*
Série de dados de volumes armazenados ao final do mês (hm3) – Albufeira do Lucefecit (UAG 2) *580*
Série de dados de volumes armazenados ao final do mês (hm3) – Albufeira da Vigia (UAG 3) *581*
Série de dados de volumes armazenados ao final do mês (hm3) – Albufeira de Monte Novo (UAG 3) *582*
Série de dados de volumes armazenados ao final do mês (hm3) – Albufeira de Alqueva (UAG 3) *582*
Anexo 7 – Histórico de registos de afluências mensais (hm3) à entrada em Portugal (Badajoz) 583
Série de dados de escoamento mensal (mm) – Estação hidrométrica de Monte da Vinha (Portugal) *585*
Série de dados de escoamento mensal (mm) – Estação hidrométrica Azud de Badajoz (Rede SAIH - Espanha) *585*
Anexo 8 – Histórico de registos de níveis piezométricos em sistemas aquíferos 587

Série de registos de níveis piezométricos (m) – sistema aquífero Elvas-Campo Maior (SNIRH) *589*
Série de registos de níveis piezométricos (m) – sistema aquífero Elvas-Vila Boim (SNIRH) *592*
Série de registos de níveis piezométricos (m) – sistema aquífero Estremoz-Cano (SNIRH) *595*
ANEXO 9 – SÉRIES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ETO, POR UAG 599
Séries de evapotranspiração de referência mensal – ETo (mm), UAG 1 *601*
Séries de evapotranspiração de referência mensal – ETo (mm), UAG 2 *602*
Séries de evapotranspiração de referência mensal – ETo (mm), UAG 3 *603*
ANEXO 10 – ANÁLISE DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO URBANO (DADOS INSAAR) 605
ANEXO 11 – MATRIZES DE CONVERSÃO DE FREQUÊNCIA DE NÃO EXCEDÊNCIA DE P MENSAL PARA P ACUMULADA 625
Matriz de determinação da frequência de não excedência de P acumulada (cenários) a partir dos cenários de P mensal - UAG 2 *627*
Matriz de determinação da frequência de não excedência de P acumulada (cenários) a partir dos cenários de P mensal - UAG 3 *628*
ANEXO 12 – DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS PIEZOMÉTRICOS GLOBAIS DOS PRINCIPAIS SISTEMAS AQUÍFEROS 629
Determinação da série de níveis piezométricos globais – Aquífero Elvas-Campo Maior (UAG 1) *631*
Determinação da série de níveis piezométricos globais – Aquífero Elvas-Vila Boim (UAG 1) *634*
Determinação da série de níveis piezométricos globais – Aquífero Estremoz-Cano (UAG 2) *637*
ANEXO 13 – INDICADORES DE BASE NA AVALIAÇÃO DO RISCO DE SECA NO SUBSECTOR DA AGRICULTURA DE SEQUEIRO (2003/04 A 2005/06) 641

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Representação do Ciclo Hidrológico (WWAP, 2006) 6

Figura 1.2: Evolução da utilização da água durante o século XX segundo os principais sectores utilizadores (Biswas, 1997) 13

Figura 1.3: Evolução da taxa de utilização dos recursos hídricos disponíveis, nos principais continentes, durante o século XX (Biswas, 1997). 14

Figura 1.4: Balanço energético global do sistema Terra – Atmosfera (Dingman, 2002) 16

Figura 1.5: Movimento da Terra em torno do Sol, com representação da variação da exposição solar e da distância ao mesmo ao longo do ano (Dingman, 2002) 16

Figura 1.6: Classificação climática mundial de Köppen-Geiger (Kottek *et al*, 2006) 18

Figura 1.7: Distribuição mundial dos climas mais secos (Kalma & Franks, 2003) 19

Figura 1.8: Correntes de circulação típicas no Hemisfério Norte (Singh, 1992) 20

Figura 1.9: Avaliação quantitativa de uma situação de seca, sendo X a variável de medida, X_0 o valor limite definido, $D_{1, 2, 3 e 4}$ duração das secas 1, 2, 3 e 4 respectivamente, e $A_{1, 2, 3 e 4}$ os respectivos desvios acumulados face ao valor limite X_0. 22

Figura 1.10: Evolução dos impactos de seca de acordo com a duração do evento (adaptado de Wilhite & Buchanan-Smith, 2005) 23

Figura 1.11: Distribuição dos recursos de água doce e da população a nível mundial (WWAP, 2003) 26

Figura 1.12: Área da UE afectada por secas nos últimos 30 anos (DG Env EC, 2007) 27

Figura 1.13: População da UE afectada por secas nos últimos 30 anos (DG Env EC, 2007) 28

Figura 1.14: Índice de exploração dos recursos hídricos dos países da UE (DG Env EC, 2007) 29

Figura 1.15: Variações da temperatura média à superfície terrestre, do nível médio dos mares e da área coberta por gelo no Hemisfério norte dos últimos 150 anos (IPCC, 2007) 35

Figura 1.16: Projecções multimodelo de aumento da temperatura média à superfície da Terra face aos valores de 1980-1999, por resultado de 3 cenários de emissões de GEE, B1 (mais baixo), A1B (intermédio) e A2 (mais elevado) (figura do lado esquerdo). Representação espacial da variação da temperatura média anual para o início (2020 a 2029) e final do século XXI (2090 a 2099), segundo esses mesmos cenários (figura do lado direito) (IPCC, 2007). 36

Figura 1.17: Projecções multimodelo de alteração dos padrões de precipitação (em %) para o final do séc. XXI (2090 - 2099), em relação ao período de 1980-1999, segundo o cenário A1B (intermédio) de emissões de GEE. No lado esquerdo são representados os valores médios para os meses de Dezembro a Fevereiro e, no lado direito, os valores para os meses de Junho a Agosto (IPCC, 2007). 36

Figura 1.18: Evolução, ao longo do século XXI, do futuro período de retorno para as actuais secas de severidade correspondente a um período de retorno de 100 anos (IPCC, 2008) 37

Figura 1.19: Sequência do acompanhamento e avaliação da severidade de seca com base no SVARH (Santos & Henriques, 1998; INAG, 2005) 56

Figura 2.1: Aspecto do *National Integrated Drought Information System* (NIDIS, 2010) 73

Figura 2.2: Mapa de avaliação do *North American Drought Monitor* referente ao final de Abril de 2010 (NCDC, 2010) 75

Figura 2.3: Exemplo de projecção a 3 meses, em Maio de 2010, do possível desenvolvimento da situação de seca (CPC, 2010b)) 76

Figura 2.4: Aspecto da página principal do *Drought Impact Reporter* (NDMC, 2006a) 77

Figura 2.5: Componentes base do projecto MEDROPLAN (MEDROPLAN, 2007) 79

Figura 2.6: Transformação, para uma dada probabilidade, da função de distribuição *Gamma* ajustada, na função de distribuição normal (Lloyd-Hughes & Saunders, 2002) 98

Figura 2.7: Variação do índice de estado em função de Vi (Estrela *et al,* 2006). 102

Figura 2.8: Representação esquemática do modelo de secas regionais (Santos, M.J., 1998) 109

Figura 2.9: Exemplo de mapa do *US Drought Monitor* (NIDIS, 2010) 118

Figura 2.10: Sistemas de exploração da parte espanhola da bacia do Guadiana (CHG, 2007) 123

Figura 2.11: Zonas homogéneas - parte espanhola da bacia do Guadiana (CHG, 2007) 124

Figura 2.12: Mapa de acompanhamento da situação de seca com identificação do estado de alerta para os principais sistemas de exploração das diferentes bacias (MMA, 2007). 125

Figura 2.13: Exemplo de avaliação dos potenciais efeitos nos volumes armazenados nas albufeiras de Alarcón, Contreras e Tous (bacia do Júcar) com e sem a adopção de medidas de mitigação (admitindo o cenário de afluências do ano 2004/05) (Andreu *et al*, 2007) 126

Figura 2.14: Representação esquemática do excedente do consumidor, a partir de uma função da procura hipotética, para um dado volume de água (V1), consumido ao preço (P1). 131

Figura 3.1: WEI aplicado às diversas bacias hidrográficas Portuguesas considerando a) afluências externas (Espanha) e b) afluências apenas a nível interno. 160

Figura 3.2: Bacias hidrográficas partilhadas na península ibérica (CADC, 2007) 166

Figura 3.3: Modelo digital do terreno da península ibérica com indicação da localização da bacia hidrográfica do Guadiana (parte espanhola e parte portuguesa) (NIDIS, 2010) 167

Figura 3.4: Localização das secções de garantia dos volumes anuais e diários mínimos, das estações pluviométricas e das albufeiras de referência na bacia do Guadiana, no âmbito da Convenção de Albufeira (CADC, 2010) 170

Figura 3.5: Mapa da rede hidrográfica da parte espanhola da bacia hidrográfica do rio Guadiana (CHG, 2007) 173

Figura 3.6: Escoamento superficial em regime natural - parte espanhola da bacia hidrográfica do rio Guadiana (CHG, 2007) 173

Figura 3.7: Principais unidades hidrogeológicas - parte espanhola da bacia hidrográfica do rio Guadiana (CHG, 2007) 174

Figura 3.8: Subdivisão em províncias da parte espanhola da bacia hidrográfica do Guadiana (CHG, 2007) 176

Figura 3.9: Mapa de usos do solo - parte espanhola da bacia do Guadiana (CHG, 2007) 177

Figura 3.10: Mapa da localização aproximada, por métodos de detecção remota, das principais áreas regadas na parte espanhola da bacia do Guadiana (CHG, 2007). 178

Figura 3.11: Principais albufeiras da parte espanhola da bacia do Guadiana (SAI, 2008) 180

Figura 3.12: Sistemas de exploração da parte espanhola da bacia do Guadiana (CHG, 2007) 181

Figura 3.13: Zonas homogéneas na parte espanhola da bacia do Guadiana (CHG, 2007) 181

Figura 3.14: Representação da área portuguesa da bacia hidrográfica do Guadiana e dos principais concelhos englobados nessa área (SNIRH, 2010a). 183

Figura 3.15: Representação das sub-bacias hidrográficas dos principais afluentes do rio Guadiana na parte portuguesa da bacia (INAG, 2001). 185

Figura 3.16: Escoamento superficial médio mensal, em regime natural, gerado na parte portuguesa da bacia hidrográfica do rio Guadiana (adaptado de INAG, 2000). 186

Figura 3.17: Representação esquemática das afluências em regime natural dos principais afluentes do rio Guadiana (parte portuguesa e espanhola) (INAG, 2000) 186

Figura 3.18: Escoamento médio anual em regime natural para a parte portuguesa da bacia do Guadiana (INAG, 2001) 187

Figura 3.19: Mapa de distribuição das unidades hidrogeológicas de Portugal Continental (SNIRH, 2010a). 189

Figura 3.20: Aptidão hidrogeológica da bacia do Guadiana - parte portuguesa (INAG, 2001) 190

Figura 3.21: Principais aquíferos na parte portuguesa do Guadiana (SNIRH, 2010) 191

Figura 3.22: Implementação prevista para o EFMA (EDIA, 2010; SNIRH, 2010) 193

Figura 3.23: Subsistema de Alqueva – EFMA (EDIA, 2010) 194

Figura 3.24: Subsistemas Pedrógão (margem direita) e Ardila (margem esquerda) (EDIA, 2010) 195

Figura 3.25: Principais empreendimentos turísticos existentes e previstos nos concelhos englobados total ou parcialmente na bacia do Guadiana (Turismo de Portugal, 2010; SNIRH, 2010a). 200

Figura 3.26: Representação espacial dos principais concelhos afectados (A. Urbano) na seca 2005 (Vivas *et al*, 2010) 212

Figura 3.27: Caracterização das principais origens de água, utilizações (redes de distribuição – A. Urbano e perímetros de rega), na parte portuguesa da bacia do Guadiana. Identificação da zona de estudo considerada (Adaptado de SNIRH, 2010a). 216

Figura 3.28: Identificação dos sistemas de abastecimento urbano da zona em análise (INAG, 2009; SNIRH, 2010a). 219

Figura 3.29: Localização das principais áreas de sequeiro na zona modelo em estudo (Caetano *et al*, 2009; SNIRH, 2010a) 220

Figura 3.30: Localização dos principais aproveitamentos hidroagrícolas na zona em estudo (DGADR, 2009; SNIRH, 2010a) 221

Figura 3.31: Identificação das principais áreas de regadio existentes na zona de estudo (Caetano *et al*, 2009; DGADR, 2009; SNIRH, 2010a). 222

Figura 3.32: Principais origens de água (superficiais e subterrâneas) (SNIRH, 2010a). 223

Figura 3.33: Unidades de análise e gestão (UAG) propostas para a zona de estudo (adaptado de SNIRH, 2010a) 226

Figura 3.34: Localização das principais origens e utilizações que serviram de base à delimitação, segundo limites de sub-bacia hidrográfica, da UAG1 (DGADR, 2009; INAG, 2009; SNIRH, 2010a) 227

Figura 3.35: Localização das principais origens e utilizações da UAG 2 (DGADR, 2009; INAG, 2009; SNIRH, 2010a). 229

Figura 3.36: Localização das principais origens e utilizações da UAG 3 (DGADR, 2009; INAG, 2009; EDIA, 2010; SNIRH, 2010a) 230

Figura 4.1: Localização espacial das estações de monitorização seleccionadas para avaliação de dados de precipitação mensal (SNIRH, 2010) 242

Figura 4.2: Localização espacial das estações de monitorização com mais de 50 anos de registos de precipitação mensal (SNIRH, 2010) 244

Figura 4.3: Identificação das zonas parcelares (utilizadas na avaliação da precipitação) através das áreas de influência de cada estação de monitorização (Polígonos de *Thiessen*) 248

Figura 4.4: Precipitação anual na UAG 1 e comparação com média e mediana respectiva 256

Figura 4.5: Precipitação anual na UAG 2 e comparação com média e mediana respectiva 256

Figura 4.6: Precipitação anual na UAG 3 e comparação com a mediana respectiva 256

Figura 4.7: Gráfico *Box & Whisker* para os dados de P mensal no período de 1960/61 a 2009/10, na UAG 1. 262

Figura 4.8: Gráfico *Box & Whisker* para os dados de P mensal no período de 1960/61 a 2009/10, na UAG 2. 262

Figura 4.9: Gráfico *Box & Whisker* para os dados de P mensal no período de 1960/61 a 2009/10, na UAG 3. 263

Figura 4.10: Localização das estações hidrométricas consideradas na zona de estudo (SNIRH, 2010). 268

Figura 4.11: Representação do escoamento anual no período de registos para a estação de Monte Pisão e comparação com a mediana e precipitação anual ocorrida na bacia. 270

Figura 4.12: Representação do escoamento anual no período de registos para a estação de Ponte Algalé e comparação com a mediana e precipitação anual ocorrida na bacia. 271

Figura 4.13: Representação do escoamento anual no período de registos para a estação de Amieira e comparação com a mediana e precipitação anual ocorrida na bacia. 271

Figura 4.14: Área de influência dos postos de precipitação (polígonos de *Thiessen*) nas estações hidrométricas seleccionadas (SNIRH, 2010) 272

Figura 4.15: Relação precipitação-escoamento anual para a estação de Monte Pisão 273

Figura 4.16: Relação precipitação-escoamento anual para a estação de Ponte Algalé 273

Figura 4.17: Relação precipitação-escoamento anual para a estação de Amieira 273

Figura 4.18: Série de volumes armazenados na albufeira do Caia e precipitação anual verificada na UAG 1 (SNIRH, 2010) 275

Figura 4.19: Série de volumes armazenados na albufeira do Lucefecit e precipitação anual verificada na UAG 2 (SNIRH, 2010) 277

Figura 4.20: Série de volumes armazenados na albufeira da Vigia e precipitação anual verificada na UAG 3 (SNIRH, 2010) 278

Figura 4.21: Volumes armazenados na albufeira de Monte Novo e precipitação anual verificada na UAG 3 (SNIRH, 2010) 279

Figura 4.22: Série de volumes armazenados na albufeira de Alqueva (SNIRH, 2010) 280

Figura 4.23: Localização espacial da estação *Azud de Badajoz* (SAIH, 2010) 281

Figura 4.24: Série de escoamento anual da estação *Azud de Badajoz* (SAIH, 2010) 281

Figura 4.25: Localização dos piezómetros existentes no aquífero Elvas-Campo Maior e dos piezómetros considerados para avaliação (387/4, 400/7 e 414/70) (SNIRH, 2010) 283

Figura 4.26: Registos mensais do piezómetro 387/4, aquífero Elvas-Campo Maior (SNIRH, 2010) 284

Figura 4.27: Registos mensais do piezómetro 400/7, aquífero Elvas-Campo Maior (SNIRH, 2010) 284

Figura 4.28: Registos mensais do piezómetro 414/70, aquífero Elvas-Campo Maior (SNIRH, 2010) 284

Figura 4.29: Representação dos piezómetros existentes no aquífero Elvas-Vila Boim e dos considerados para avaliação (399/12, 413/54, 413/78, 413/123 e 414/45) (SNIRH, 2010) 285

Figura 4.30: Registos do piezómetro 399/12, aquífero Elvas-Vila Boim (SNIRH, 2010) 286

Figura 4.31: Registos do piezómetro 413/54, aquífero Elvas-Vila Boim (SNIRH, 2010) 286

Figura 4.32: Registos do piezómetro 413/78, aquífero Elvas-Vila Boim (SNIRH, 2010) 287

Figura 4.33: Registos do piezómetro 413/123, aquífero Elvas-Vila Boim (SNIRH, 2010) 287

Figura 4.34: Registos do piezómetro 414/45, aquífero Elvas-Vila Boim (SNIRH, 2010) 287

Figura 4.35: Divisão do aquífero Estremoz-Cano segundo as bacias hidrográficas do Tejo e do Guadiana e representação dos piezómetros existentes e considerados para avaliação na bacia do Guadiana (426/302, 426/334, 426/335, 426/337, 440/107 e 440/109) (SNIRH, 2010) 288

Figura 4.36: Registos do piezómetro 426/302, aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010) 289

Figura 4.37: Registos do piezómetro 426/334, aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010) 289

Figura 4.38: Registos do piezómetro 426/335, aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010) 289

Figura 4.39: Registos do piezómetro 426/337, aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010) 290

Figura 4.40: Registos do piezómetro 440/107, aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010) 290

Figura 4.41: Registos do piezómetro 440/109, aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010) 290

Figura 4.42: Representação esquemática do modelo simplificado considerado para avaliação das disponibilidades em sistemas aquíferos 313

Figura 4.43: Avaliação do excedente do consumidor a partir da função da procura (a) e quantificação do impacto de uma situação de seca no sector do abastecimento urbano (b) 315

Figura 4.44: Análise dos sistemas de abastecimento urbano existentes na UAG 1, no ano de 2002 (adaptado de INAG, 2004). 317

Figura 4.45: Análise dos sistemas de abastecimento urbano existentes na UAG 2, no ano de 2002 (adaptado de INAG, 2004). 318

Figura 4.46: Análise dos sistemas de abastecimento urbano existentes na UAG 3, no ano de 2002 (adaptado de INAG, 2004). 319

Figura 4.47: Alterações nos sistemas de abastecimento de água da UAG 3 (ligações a Monte Novo de Évora, Reguengos de Monsaraz e Mourão) entre os anos de 2002 e 2008 (adaptado de INAG, 2004; 2009) 320

Figura 4.48: Sistema integrado do concelho de Alandroal e localização das novas captações realizadas na sequência da seca de 2004/05 (adaptado de INAG, 2009). 330

Figura 4.49: Esquema de avaliação do risco de seca, à escala do ano hidrológico, exemplificada para a avaliação dos meses de Dezembro (a) e de Março (b). 343

Figura 4.50: Evolução mensal de P (mm) nos 50 anos hidrológicos de registos – UAG 1 344

Figura 4.51: Evolução mensal de P (mm) nos 50 anos hidrológicos de registos – UAG 2 344

Figura 4.52: Evolução mensal de P (mm) nos 50 anos hidrológicos de registos – UAG 3 344

Figura 4.53: Evolução mensal de P (mm) nos anos hidrológicos de seca – UAG 1 345

Figura 4.54: Evolução mensal de P (mm) nos anos hidrológicos de seca – UAG 2 345

Figura 4.55: Evolução mensal de P (mm) nos anos hidrológicos de seca – UAG 3 346

Figura 4.56: P acumulada (UAG1) nos anos hidrológicos: 1960/61 a 2009/2010. 347

Figura 4.57: P acumulada (UAG2) nos anos hidrológicos: 1960/61 a 2009/2010. 347

Figura 4.58: P acumulada (UAG3) nos anos hidrológicos: 1960/61 a 2009/2010. 348

Figura 4.59: Avaliação da P acumulada nas principais situações de seca (UAG 1) 348

Figura 4.60: Avaliação da P acumulada nas principais situações de seca (UAG 2) 349

Figura 4.61: Avaliação da P acumulada nas principais situações de seca (UAG 3) 349

Figura 4.62 - Avaliação da P acumulada nas principais situações de seca (UAG 1) e comparação com os valores acumulados mensais dos descritores P 25, 50 e 75. 352

Figura 4.63: Avaliação da P acumulada nas principais situações de seca (UAG 2) e comparação com os valores acumulados mensais dos descritores P 25, 50 e 75. 352

Figura 4.64: Avaliação da P acumulada nas principais situações de seca (UAG 3) e comparação com os valores acumulados mensais dos descritores P 25, 50 e 75. 353

Figura 4.65: Avaliação de P acumulada e previsão de evolução até ao final do ano hidrológico, em Março de 2005, na UAG 1 358

Figura 4.66: Subdivisão da região administrativa Alentejo segundo regiões NUTS III e municípios (INE, 2010b). 360

Figura 4.67: Avaliação mensal da situação actual, no abastecimento urbano, em Dezembro (a), Março (b) ou Junho (c) 362

Figura 4.68: Avaliação mensal da situação actual, na agricultura, em Dezembro (a), Março (b) ou Junho (c). 363

Figura 4.69: Modelo teórico simplificado utilizado na modelação dos sistemas aquíferos. 368

Figura 4.70: Polígonos de *Thiessen* dos postos com influência na determinação da precipitação mensal ponderada sobre os sistemas aquíferos Elvas-Campo Maior, Elvas-Vila Boim e Estremoz-Cano (parte da bacia do Guadiana) 371

Figura 4.71: Nível piezométrico global médio (aquífero Elvas-Campo Maior) completado para o período de análise (1998/99 a 2009/10) 373

Figura 4.72: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Elvas-Campo Maior (maximização do R^2) 375

Figura 4.73: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Elvas-Campo Maior (minimização do resíduo) 375

Figura 4.74: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Elvas-Campo Maior (equilíbrio entre a minimização do resíduo e a maximização do R^2) 376

Figura 4.75: Principais direcções de fluxo de água subterrânea no sistema aquífero Elvas-Vila Boim (Almeida *et al*, 2000b) 379

Figura 4.76: Distribuição mensal dos volumes para abastecimento urbano em alguns concelhos da região em estudo (INAG, 2009). 381

Figura 4.77: Nível piezométrico global médio (aquífero Elvas-Vila Boim) completado para o período de análise (1997/98 a 2009/10) 384

Figura 4.78: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Elvas-Vila Boim (3ª tentativa - equilíbrio entre a minimização do resíduo e a maximização do R^2). 385

Figura 4.79: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Elvas-Vila Boim (4ª tentativa: consumo de rega – 7,3hm^3/ano e taxa de perdas – 0,10) 386

Figura 4.80: Distinção das zonas do aquífero Estremoz-Cano de diferente suporte litológico (Midões & Costa, 2010) 388

Figura 4.81: Principais direcções de fluxo de água subterrânea e gradiente hidráulico no sistema aquífero Estremoz-Cano (ERHSA, 2000) 388

Figura 4.82: Enquadramento geológico e tectónico do anticlinal de Estremoz (adaptado de Midões & Costa, 2010) 389

Figura 4.83: Piezómetros avaliados no sistema aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010) 390

Figura 4.84: Nível piezométrico global médio (aquífero Estremoz-Cano – área Guadiana) completado para o período de análise (1997/98 a 2009/10) 397

Figura 4.85: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Estremoz-Cano (maximização do R^2). 398

Figura 4.86: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Estremoz-Cano (minimização do resíduo). 398

Figura 4.87: Resultados do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Estremoz-Cano, admitindo uma taxa de perdas de 0,05 e consumos de rega de 6 hm3/ano. 399

Figura 4.88: Resultados da simulação do NP global de Estremoz-Cano, admitindo consumos de rega de 6 hm^3/ano, até Set-02, e de 3,3 hm^3/ano, após Set-02. 400

Figura 4.89: Simulação dos NP do aquífero Estremoz-Cano, na área do Guadiana, para o ano hidrológico de 2004/05 e comparação com os NP reais. 401

Figura 4.90: Esquema de simulação do modelo de Temez (INAG, 2001b) 407

Figura 4.91: Séries cronológias de escoamento calculado e observado para a estação hidrométrica de Monte Pisão (Pêgo *et al*, 2010) 412

Figura 4.92: Séries cronológias de escoamento calculado e observado para a estação hidrométrica de Ponte Algalé (Pêgo *et al*, 2010) 413

Figura 4.93: Séries cronológias de escoamento calculado e observado para a estação hidrométrica de Amieira (Pêgo *et al*, 2010) 413

Figura 4.94: Esquema conceptual seguido na modelação de albufeiras públicas (imagem base retirada de SNIRH, 2010). 417

Figura 4.95: Polígonos de *Thiessen* dos postos udométricos para determinação da precipitação mensal ponderada na área drenante das albufeiras (adaptado de SNIRH, 2010). 421

Figura 4.96: Simulação da albufeira do Caia (UAG 1) com os parâmetros de calibração do modelo de Temez da estação de Ponte Algalé. 422

Figura 4.97: Simulação da albufeira do Lucefecit (UAG 2) com os parâmetros de calibração do modelo da estação de Temez de Amieira. 422

Figura 4.98: Simulação da albufeira da Vigia (UAG 3) com os parâmetros de calibração do modelo de Temez da estação de Amieira. 422

Figura 4.99: Simulação da albufeira de Monte Novo (UAG 3) com os parâmetros de calibração do modelo de Temez da estação de Amieira. 423

Figura 4.100: Calibração optimizada da albufeira do Caia (UAG 1). 424

Figura 4.101: Calibração optimizada da albufeira do Lucefecit (UAG 2). 424

Figura 4.102: Calibração optimizada da albufeira da Vigia (UAG 3). 424

Figura 4.103: Calibração optimizada da albufeira de Monte Novo (UAG 3). 425

Figura 4.104: Calibração optimizada da albufeira do Lucefecit (UAG 2) sem consideração dos registos de descargas de fundo para o período de calibração (1997/98 a 2008/09). 426

Figura 4.105: Balanço hídrico da albufeira do Lucefecit (UAG 2) considerando o escoamento mensal estimado por relação P –Esc anual aferida para a estação da Amieira. 427

Figura 4.106: Enquadramento do EFMA e da albufeira de Alqueva na região em estudo 429

Figura 4.107: Representação da área de cálculo das afluências entre a secção de Monte da Vinha e a barragem de Alqueva (a laranja a área em Espanha que drena para a bacia do Alqueva) (Ferreira *et al*, 2010) 432

Figura 4.108: Calibração optimizada da albufeira do Alqueva para o período de calibração (2002/03 a 2008/09). 433

Figura 5.1: Correspondência entre os pontos de análise e discussão de resultados do capítulo 5 e a estrutura do capítulo 4. 459

Figura 5.2: Evolução do nível piezométrico global do aquífero Estremoz-Cano (área do Guadiana) no período 1998/99-2008/09 e comparação com o limiar de exploração para a rega. 477

Figura 5.3: Evolução do nível piezométrico global do aquífero Estremoz-Cano (área do Guadiana) no período 1998/99 a 2008/09 e comparação com os limiares de exploração considerados para o abastecimento urbano (26, 27 e 28m) neste sistema aquífero. 487

Figura 5.4: Simulação dos volumes armazenados na albufeira do Lucefecit, em Janeiro de 2005, segundo os 3 cenários de precipitação mensal (P 75, P 50 e P 25 mensal). 505

Figura 5.5: Simulação da evolução do NP global do aquífero Estremoz-Cano, em Janeiro de 2005, segundo os 3 cenários de precipitação mensal (P 75, P 50 e P 25 mensal) e comparação com limiar definido para o sector agrícola (rega). 515

Figura 5.6: Simulação da evolução do NP global do aquífero Estremoz-Cano, em Janeiro de 2005, segundo os 3 cenários de precipitação mensal (P 75, P 50 e P 25 mensal) e comparação com os limiares de exploração definidos para o abastecimento urbano. 520

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1: Perdas humanas e materiais, a nível mundial, resultantes dos principais fenómenos extremos, de origem natural, ocorridos entre 1900 e 2004 (Below *et al*, 2007). 26

Tabela 1.2: Competências de diferentes entidades e organismos na gestão da água em Portugal, em especial em matérias de escassez de água e secas (adaptado de Mendes, 2008) 51

Tabela 2.1: Escala de classificação de severidade do PDSI (Palmer, 1965) 90

Tabela 2.2: Classificação original dos decis de precipitação (Gibbs & Maher, 1967) 93

Tabela 2.3: Escala de classificação de severidade do CMI (Hayes, 2003) 94

Tabela 2.4: Escala de classificação de severidade do SWSI (Shafer & Dezman, 1982) 96

Tabela 2.5: Escala original de classificação do SPI (Mckee *et al*, 1993) 99

Tabela 2.6: Escala de classificação original do índice de estado (Estrela *et al,* 2006). 103

Tabela 2.7: Níveis de alerta e severidade de seca definidos e respectiva probabilidade de ocorrência considerada (Steinemann & Cavalcanti, 2006). 116

Tabela 2.8: Escala de classificação de severidade de seca do *US Drought Monitor* e intervalos de variação dos índices de base (NDMC, 2006; NIDIS, 2010) 121

Tabela 2.9: Impactos de seca previsíveis para cada classe de severidade de seca do *US Drought Monitor* (Svoboda *et al*, 2002; NDMC, 2006; NIDIS, 2010) 121

Tabela 3.1: Principais transferências de água entre bacias hidrográficas (INAG, 2001a) 160

Tabela 3.2: Avaliação resumida dos principais impactos ocorridos, regiões afectadas e custos segundo os diferentes sectores utilizadores de água: Anos de 1980/81 e 1982/83 162

Tabela 3.3: Avaliação resumida dos principais impactos ocorridos, regiões afectadas e custos segundo os diferentes sectores utilizadores de água: Ano de 1992/93 163

Tabela 3.4: Avaliação resumida dos principais impactos ocorridos, regiões afectadas e custos segundo os diferentes sectores utilizadores de água: Ano de 2004/05 164

Tabela 3.5: Caudal integral anual a garantir na secção do *Azud de Badajoz* (hm^3/ano), no âmbito da Convenção de Albufeira, Anexo ao Protocolo Adicional (Resolução da Assembleia da República nº 66/99). 170

Tabela 3.6: Caudais integrais trimestrais a garantir na secção do *Azud de Badajoz* (hm^3), no âmbito da Convenção de Albufeira, segundo Anexo ao Protocolo Adicional (Resolução da Assembleia da República nº 62/2008 de 26 de Setembro). 172

Tabela 3.7: Recursos superficiais em regime natural - parte espanhola da bacia hidrográfica do rio Guadiana (CHG, 2007) 174

Tabela 3.8: Evolução, ao longo do ano, dos recursos naturais superficiais-parte espanhola da bacia hidrográfica do rio Guadiana (CHG, 2009) 174

Tabela 3.9: Recursos hídricos subterrâneos - parte espanhola da bacia hidrográfica do rio 175

Guadiana (CHG, 2007)

Tabela 3.10: Principais utilizações existentes - parte espanhola (CHG, 2007) 178

Tabela 3.11: Estimativa de recursos hídricos regulados anuais, por sistema, para a actualidade e previsão futura, na parte espanhola da bacia hidrográfica do Guadiana (CHG, 2007) 182

Tabela 3.12: Principais características das barragens de maior dimensão existentes na parte Portuguesa da bacia do Guadiana (cap. de arm. > 10hm^3) (INAG, 2001) 188

Tabela 3.13: Características dos principais sistemas aquíferos da parte portuguesa da bacia do Guadiana (SNIRH, 2010a). 191

Tabela 3.14: Volumes anuais máximos previstos para o sector do abastecimento urbano, a partir do EFMA (EDIA, 2010) 195

Tabela 3.15: Variações de áreas e produções na região agrária do Alentejo (INAG, 2006) 204

Tabela 3.16: Variação da produtividade em relação à média de 3 anos (2000-2001-2002), das actividades forrageiras e pratenses, na região agrária do Alentejo (INAG, 2006) 205

Tabela 3.17: Resumo da evolução temporal das restrições/ adaptações verificadas nos aproveitamentos hidroagrícolas na bacia do Guadiana, na seca 2005 (Vivas *et al*, 2010) 207

Tabela 3.18: Quadro resumo da evolução mensal de impactos, população afectada e medidas adoptadas no sector do A. Urbano na seca de 2005 (Vivas *et al*, 2010) 210

Tabela 3.19: Quadro resumo da evolução mensal dos níveis das medidas adoptadas (A. Urbano) na seca de 2005 (Vivas *et al*, 2010) 214

Tabela 3.20: Consumos associados às origens de água da UAG 1, por sector utilizador 228

Tabela 3.21: Consumos associados às origens de água da UAG 2, por sector utilizador 229

Tabela 3.22: Consumos associados às origens de água da UAG 3, por sector utilizador 231

Tabela 4.1: Sistematização das variáveis para monitorização do ciclo hidrológico e correspondência com as fases de evolução de impactos de seca (base SNIRH, 2010). 240

Tabela 4.2: Indicadores, respectivas origens de água e utilizações representadas. 241

Tabela 4.3: Estações seleccionadas para avaliação de precipitação mensal (SNIRH, 2010) 243

Tabela 4.4: Características das estações de monitorização seleccionadas (SNIRH, 2010) 246

Tabela 4.5:Características das estações de monitorização da Zona 1 (SNIRH, 2010) 248

Tabela 4.6: Características das estações de monitorização da Zona 2 (SNIRH, 2010) 249

Tabela 4.7: Características das estações de monitorização da Zona 3 (SNIRH, 2010) 249

Tabela 4.8: Características das estações de monitorização agrupadas na Zona 4 (SNIRH, 2010) 250

Tabela 4.9: Coeficiente de determinação (R^2) entre cada posto e o somatório de todos os postos com registos completos (período 1960/61 - 1999/00). 251

Tabela 4.10: Variação da média e da variância de precipitação anual após aplicação do método das duplas acumulações face aos registos reais dos postos seleccionados (Zona 1) 252

Tabela 4.11 Variação da média e da variância de precipitação anual após aplicação do método das duplas acumulações face aos registos reais dos postos seleccionados (Zona 2) 252

Tabela 4.12: Variação da média e da variância de precipitação anual após aplicação do método das duplas acumulações face aos registos reais dos postos seleccionados (Zona 3) 253

Tabela 4.13: Variação da média e da variância de precipitação anual após aplicação do método das duplas acumulações face aos registos reais dos postos seleccionados (Zona 4) 253

Tabela 4.14: Estações de monitorização para avaliação da precipitação na UAG1 254

Tabela 4.15: Estações de monitorização para avaliação da precipitação na UAG2 254

Tabela 4.16: Estações de monitorização para avaliação da precipitação na UAG3 255

Tabela 4.17: Estatísticas de precipitação anual no período de 1960/61 a 2009/10 255

Tabela 4.18: Identificação dos anos abaixo da mediana no período 1960/61 a 2009/10 257

Tabela 4.19: Parâmetros de caracterização (α e β) e *p value* associado, das funções de distribuição *Gamma*, ajustadas às séries de precipitação anual, por UAG 259

Tabela 4.20: Probabilidades de não excedência e respectivos períodos de retorno, por UAG, da precipitação anual, ao final do ano hidrológico, das situações de seca identificadas. 260

Tabela 4.21: Estatísticas das séries de precipitação mensal, no período de 1960/61 a 2009/10, na UAG 1 260

Tabela 4.22: Estatísticas das séries de precipitação mensal, no período de 1960/61 a 2009/10, na UAG 2. 261

Tabela 4.23: Estatísticas das séries de precipitação mensal, no período de 1960/61 a 2009/10, na UAG 3. 261

Tabela 4.24: Parâmetros de caracterização, e respectivo *p value,* no ajuste da função de distribuição de probabilidade *Gamma* aos valores de precipitação mensal, por UAG. 264

Tabela 4.25: Avaliação dos registos de precipitação mensal, no período 1960/61 a 2009/10, por comparação com a mediana de cada mês do ano hidrológico (UAG 1). 266

Tabela 4.26: Características das estações hidrométricas consideradas na zona de estudo, ordenadas de montante para jusante (SNIRH, 2010) 267

Tabela 4.27: Dados de escoamento anual (ao final do ano hidrológico) (SNIRH, 2010) 269

Tabela 4.28: Análise das séries de dados de escoamento anual (mm) dos anos hidrológicos com registos completos nas estações hidrométricas consideradas 270

Tabela 4.29: Características das albufeiras e das bacias drenantes (CNPGB, 2008) 274

Tabela 4.30: Culturas representativas dos principais grupos culturais de sequeiro (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b) 297

Tabela 4.31: Áreas dos principais grupos culturais de sequeiro, por UAG (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b) 298

Tabela 4.32: Afectação da produção de pastagens, por unidade de área (ha), no período de Outono/ Inverno (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b) 299

Tabela 4.33: Afectação da produção, por unidade de área (ha), das pastagens no período de Primavera (Serralheiro et al, 2010; 2010a; 2010b) 299

Tabela 4.34: Principais grupos culturais e respectivas culturas representativas do regadio público (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b) 300

Tabela 4.35: Ocupação cultural do perímetro do Caia (UAG 1) no período de 1997/98 a 2008/09 (adaptado de DGADR (2009)) 301

Tabela 4.36: Ocupação cultural do perímetro do Lucefecit (UAG 2) no período de 1997/98 a 2008/09 (adaptado de DGADR (2009)) 301

Tabela 4.37: Ocupação cultural do perímetro da Vigia (UAG 3) no período de 1997/98 a 2008/09 (adaptado de DGADR (2009)) 302

Tabela 4.38: Ocupação cultural do regadio da Aldeia da Luz (Serralheiro *et al*, 2010b). 302

Tabela 4.39: Ocupação cultural do perímetro de São Manços (Serralheiro *et al*, 2010b) 303

Tabela 4.40: Necessidades hídricas das culturas (m^3/ha) para a UAG 1 (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b) 304

Tabela 4.41: Necessidades hídricas das culturas (m^3/ha) para a UAG 2 (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b) 305

Tabela 4.42: Necessidades hídricas das culturas (m^3/ha) para a UAG 3 (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b) 305

Tabela 4.43: Métodos de rega dominantes e respectivas eficiências para cada cultura representativa (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b) 306

Tabela 4.44: Produções de referência em kg/ha (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b) 307

Tabela 4.45: Produção de referência e funções de produção para as culturas permanentes (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b) 307

Tabela 4.46: Preços médios das culturas (€/kg) (Serralheiro *et al*, 2010b) 308

Tabela 4.47: Proporções admitidas para distribuição de áreas servidas por pequenas albufeiras e por captações de água subterrânea (adaptado de Serralheiro *et al*, 2010b) 310

Tabela 4.48: Ocupação cultural de regadio privado na UAG 1, por tipo de origem de água (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a, 2010b) 311

Tabela 4.49: Ocupação cultural de regadio privado na UAG 2, por tipo de origem de água (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a, 2010b) 311

Tabela 4.50: Ocupação cultural de regadio privado na UAG 3, por tipo de origem de água (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a, 2010b) 312

Tabela 4.51: Necessidades de abastecimento urbano, por UAG, por concelho e atendendo às origens de água a que estão associadas – dados referentes aos anos de 2002 e 2008 (adaptado de INSAAR 2004; 2009) 322

Tabela 4.52: Caracterização da evolução das necessidades para abastecimento urbano associadas aos diferentes sistemas existentes na UAG 1, segundo dados do INSAAR. 324

Tabela 4.53: Caracterização da evolução das necessidades para abastecimento urbano associadas aos diferentes sistemas existentes na UAG 2, segundo dados do INSAAR. 324

Tabela 4.54: Caracterização da evolução dos consumos para abastecimento urbano associados aos diferentes sistemas existentes na UAG 3, segundo dados do INSAAR. 325

Tabela 4.55: Necessidades para abastecimento urbano, por UAG e respectiva subdivisão por concelho, associadas às diferentes origens de água – dados referentes ao ano de 2005 (adaptado de INSAAR 2006a) 326

Tabela 4.56: Caracterização das principais Entidades Gestoras da região, por UAG 337

Tabela 4.57: Valores dos Acordos de Colaboração Técnica e Financeira celebrados com os municípios da bacia do Guadiana na seca de 2005 (CPS, 2005; ARH-Alentejo, 2010a) 340

Tabela 4.58: Valores dos percentis 25, 50 e 75 mensais (mm) para a UAG 1, no período em análise (1960/61 a 2009/10). 350

Tabela 4.59: Valores dos percentis 25, 50 e 75 mensais (mm) para a UAG 2, no período em análise (1960/61 a 2009/10). 351

Tabela 4.60: Valores dos percentis 25, 50 e 75 mensais (mm) para a UAG 3, no período em análise (1960/61 a 2009/10). 351

Tabela 4.61: Esquema de aplicação dos cenários de P mensal ao ano 2004/05, UAG 1 354

Tabela 4.62: Matriz de determinação da frequência de não excedência de P acumulada, a partir dos cenários de P mensal (UAG 1) 357

Tabela 4.63: Determinação do PIB por UAG (Vivas *et al*, 2010b) 361

Tabela 4.64: Proporção de disponibilidades com base na P anual, face à situação de ref. 365

Tabela 4.65: Características do aquífero Elvas-Campo Maior (Almeida *et al*, 2000a) 370

Tabela 4.66: Necessidades (hm^3) para o sector agrícola dependentes do sistema aquífero Elvas-Campo Maior (adaptado de Serralheiro *et al*, 2010b) 372

Tabela 4.67: Equações de regressão entre os registos dos piezómetros e a média global – Elvas-Campo Maior 373

Tabela 4.68: Parâmetros analisados e respectivos resultados para as tentativas de calibração do modelo de simulação dos níveis de NP global do aquífero Elvas-Campo Maior. 376

Tabela 4.69: Características do aquífero Elvas-Vila Boim (Almeida *et al*, 2000b) 379

Tabela 4.70: Distribuição mensal relativa (%) de volumes mensais para A. Urbano 381

Tabela 4.71: Necessidades mensais (hm^3) para os sistemas de abastecimento urbano dependentes do sistema aquífero Elvas-Vila Boim. 381

Tabela 4.72: Necessidades mensais (hm^3) para o sector agrícola dependentes do sistema aquífero Elvas-Vila Boim (adaptado de Serralheiro *et al*, 2010b) 382

Tabela 4.73: Equações de regressão definidas entre os registos dos diferentes piezómetros e a média global – Aquífero Elvas-Vila Boim 383

Tabela 4.74: Parâmetros analisados e respectivos resultados para as tentativas de calibração do modelo de simulação dos níveis de NP global do aquífero Elvas-Campo Maior. 385

Tabela 4.75: Registos piezométricos e correlação com a média global (Estremoz-Cano) 390

Tabela 4.76: Características do aquífero Estremoz-Cano (e área na bacia do Guadiana) 393

Tabela 4.77 Necessidades mensais (hm^3) para os sistemas de abastecimento urbano da bacia do Guadiana dependentes do sistema aquífero Estremoz-Cano. 395

Tabela 4.78: Necessidades mensais (hm^3) para o sector agrícola dependentes do sistema aquífero Estremoz-Cano (adaptado de Serralheiro *et al*, 2010b) 395

Tabela 4.79: Equações de regressão definidas entre os registos dos diferentes piezómetros e a média global – Estremoz-Cano 395

Tabela 4.80: Parâmetros analisados e respectivos resultados para as tentativas de calibração do modelo de simulação dos níveis de NP global do aquífero Estremoz-Cano. 398

Tabela 4.81: Resultados dos parâmetros na simulação do NP global do aquífero Estremoz-Cano, admitindo uma taxa de perdas de 0,05 e consumos de rega de 6 hm^3/ano. 399

Tabela 4.82: Resultados dos parâmetros na simulação do NP global de Estremoz-Cano, admitindo consumos de rega de 6 hm^3/ano, até Set-02, e 3 hm^3/ano, após Set-02. 400

Tabela 4.83: Capacidades de armazenamento totais, em albufeiras privadas, por UAG, por concelho (adaptado de Serralheiro *et al*, 2010b) 405

Tabela 4.84: Intervalos de variação dos parâmetros de calibração do Temez para a parte portuguesa da bacia hidrográfica do Guadiana (INAG, 2001b) 410

Tabela 4.85: Resultados obtidos para a estação de Monte Pisão (Pêgo *et al*, 2010) 411

Tabela 4.86: Resultados obtidos para a estação de Ponte Algalé (Pêgo *et al*, 2010) 411

Tabela 4.87: Resultados obtidos para a estação de Amieira (Pêgo *et al*, 2010) 411

Tabela 4.88: Comparação de valores de escoamento observados para a estação de Ponte Algalé, e correspondentes valores calculados pelo modelo de Temez e obtidos pela relação P-Esc anual. 415

Tabela 4.89: Comparação de valores de escoamento observados para a estação de Amieira, e correspondentes valores calculados pelo modelo de Temez e obtidos pela relação P-Esc anual. 415

Tabela 4.90: Parâmetros de avaliação das relações Escoamento observado – Escoamento calculado, com base nos resultados obtidos pelo método de Temez e pelas relações P anual-Esc 416

anual, para as estações de Ponte Algalé e Amieira.

Tabela 4.91: Necessidades de rega no período 1997/98 a 2008/09, associadas à albufeira do Caia (Serralheiro *et al*, 2010) 418

Tabela 4.92: Necessidades de rega no período 1997/98 a 2008/09, associadas à albufeira do Lucefecit (Serralheiro *et al*, 2010a) 419

Tabela 4.93: Necessidades de rega no período 1997/98 a 2008/09, associadas à albufeira da Vigia (Serralheiro *et al*, 2010a) 419

Tabela 4.94: Necessidades mensais (hm^3) para o sector do abastecimento urbano, por albufeira (adaptado de INAG, 2004, 2006, 2007, 2008 e 2009). 420

Tabela 4.95: Parâmetros de calibração do modelo de Temez e resultados de R^2 e do resíduo das soluções optimizadas para as albufeiras do Caia, Lucefecit, Vigia e Monte Novo. 423

Tabela 4.96 Distribuição mensal média do escoamento superficial na estação Amieira 426

Tabela 4.97: Cenários de *ETo* para previsão de condições futuras 428

Tabela 4.98: Volumes mensais totais de captações directas portuguesas (PT) e espanholas (ES) na albufeira de Alqueva (Ferreira *et al*, 2010) 430

Tabela 4.99: Necessidades associadas ao perímetro de rega de Aldeia da Luz. 430

Tabela 4.100: Necessidades associadas ao perímetro de rega de São Manços. 430

Tabela 4.101: Volumes efluentes da albufeira de Alqueva (Ferreira *et al*, 2010) 431

Tabela 4.102: Volumes bombeados para Alqueva a partir da albufeira de Pedrógão (Ferreira *et al*, 2010) 433

Tabela 4.103: Resultados dos parâmetros de calibração do Temez e respectivo R^2 e resíduo face aos dados reais de volumes armazenados na albufeira de Alqueva 433

Tabela 4.104: Cenários de escoamento mensal em Monte da Vinha segundo percentis mensais 434

Tabela 4.105: Cenários de precipitação mensal segundo percentis mensais para a área entre Monte da Vinha e a barragem de Alqueva. 435

Tabela 4.106: Cenário de evapotranspiração de referência para a área entre Monte da Vinha e a barragem de Alqueva. 435

Tabela 4.107: Cenário médio de bombagens a partir de Pedrógão 435

Tabela 4.108: Volumes a transferir de Alqueva, no horizonte de projecto, para reforço do abastecimento urbano (adaptado de EDIA, 2010) 435

Tabela 4.109: Volumes a extrair de Alqueva, no ano horizonte de projecto, para rega (adaptado de EDIA, 2010) 436

Tabela 4.110: Cenário médio de descargas de Alqueva para jusante 436

Tabela 4.111: Classificação da afectação socioeconómica de seca para o sector agrícola (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b) 437

Tabela 4.112: Classificação da afectação socioeconómica de seca no abastecimento urbano 438

Tabela 4.113: Perdas económicas associadas aos limiares inferiores das classes de severidade consideradas no sector agrícola e correspondentes valores relativos do PIB regional 438

Tabela 4.114: Perdas económicas associadas aos limiares inferiores das classes de severidade consideradas no abastecimento urbano e correspondentes valores relativos do PIB regional 439

Tabela 4.115: Avaliação do VAB, por sectores produtivos, para as regiões Alto Alentejo e Alentejo Central (INE, 2010b) 439

Tabela 4.116: Comparação dos volumes totais facturados por UAG (m^3) com a população residente respectiva (hab) 440

Tabela 4.117: Perdas económicas totais na região, atendendo aos limiares mínimos definidos nas classes de severidade de seca para os sectores agrícola e de abastecimento urbano. 441

Tabela 4.118 Classificação da afectação socioeconómica regional de seca 441

Tabela 5.1: Resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca para o período 1998/99 a 2008/09, para o subsector da agricultura de sequeiro, nas UAG 1, 2 e 3. 461

Tabela 5.2: Dados de precipitação (mm) para o período de 1998/99 a 2008/09, dos principais indicadores de avaliação do subsector do sequeiro (UAG 1), e comparação com os respectivos valores em situação de referência (Ref). 462

Tabela 5.3: Dados de precipitação (mm) para o período de 1998/99 a 2008/09, dos principais indicadores de avaliação do subsector do sequeiro (UAG 2), e comparação com os respectivos valores em situação de referência (Ref). 463

Tabela 5.4: Dados de precipitação (mm) para o período de 1998/99 a 2008/09, dos principais indicadores de avaliação do subsector do sequeiro (UAG 3), e comparação com os respectivos valores em situação de referência (Ref). 463

Tabela 5.5: Produção das culturas de trigo e de pastagens no período 1998/99 a 2008/09 na UAG 1 464

Tabela 5.6: Produção das culturas de trigo e de pastagens no período 1998/99 a 2008/09 na UAG 2 464

Tabela 5.7: Produção das culturas de trigo e de pastagens no período 1998/99 a 2008/09 na UAG 3 465

Tabela 5.8: Estimativa de quebras de produção das culturas de sequeiro de cereais, leguminosas e forragens nas UAG 1, 2 e 3 no ano de 2004/05. 467

Tabela 5.9: Estimativa de quebras de produção das pastagens nas UAG 1, 2 e 3 no ano de 2004/05. 467

Tabela 5.10: Mapas para Portugal Continental, do índice PDSI em Fevereiro e Março dos anos hidrológicos 2004/05, 2005/06, 2006/07, 2007/08 e 2008/09 (IM, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009) 470

Tabela 5.11: Mapas para Portugal Continental, do índice PDSI em Maio e Junho de 2007 (IM, 2007) 471

Tabela 5.12: Dados de disponibilidades e necessidades para o período 1998/99 a 2008/09, nas principais albufeiras, de cada UAG, e áreas de regadio público associadas. 473

Tabela 5.13: Resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca para o período 1998/99 a 2008/09, no subsector da agricultura de regadio público, nas UAG 1, 2 e 3. 474

Tabela 5.14: Estimativas de redução de área das culturas anuais para o ano de 2004/05 nos aproveitamentos do Lucefecit e da Vigia, no ano de 2004/05 475

Tabela 5.15: Disponibilidades e défices das áreas regadas a partir de captações no MAI, no período 1998/99 a 2008/09, nas 3 UAG. 477

Tabela 5.16: Disponibilidades e respectivas perdas das áreas regadas a partir de captações em sistemas aquíferos, no período 1998/99 a 2008/09, nas UAG 1 e 2 478

Tabela 5.17: Resultados de escoamento anual (por aplicação do modelo de Temez) no período de análise (1998/99-2008/09) e comparação com respectiva precipitação anual e escoamento de referência (a cinza na primeira linha). 479

Tabela 5.18: Resultados de escoamento anual (por aplicação das relações precipitação-escoamento) no período de análise (1998/99-2008/09) e comparação com respectiva precipitação anual e escoamento de referência (a cinza na primeira linha). 480

Tabela 5.19: Disponibilidades nas pequenas albufeiras privadas no período em análise (1998/99 a 2008/09). 481

Tabela 5.20: Resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca para o período 1998/99 a 2008/09, do subsector da agricultura de regadio privado, nas UAG 1, 2 e 3. 481

Tabela 5.21: Estimativa de quebras de produção de regadio total, no ano de 2004/05, face à produção de 2003/04, das culturas de regadio (milho, girassol, tomate para indústria, olival e vinha), por UAG e região em estudo. 482

Tabela 5.22: Estimativa de quebras de produção de regadio total, no ano de 2004/05, face à produção em situação de referência, das culturas de regadio (milho, girassol, tomate para indústria, olival e vinha), por UAG e região em estudo. 483

Tabela 5.23: Resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca para o período 1998/99 a 2008/09, no sector agrícola, nas UAG 1, 2 e 3. 484

Tabela 5.24: Resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca para o período 1998/99 a 2008/09, no sector do abastecimento urbano, nas UAG 1, 2 e 3. 485

Tabela 5.25: Afectação das disponibilidades, para o A.Urbano, nas captações do MAI, no período 1998/99 a 2008/09, nas 3 UAG. 486

Tabela 5.26: Disponibilidades, para o A.Urbano, nas captações em sistemas aquíferos, no período 1998/99 a 2008/09, nas 3 UAG. 486

Tabela 5.27: Disponibilidades, para o A.Urbano, nas albufeiras públicas, no período 1998/99 a 2008/09, nas 3 UAG. 487

Tabela 5.28: Resultados da avaliação do abastecimento urbano por sistema (2004/05) 490

Tabela 5.29: Resultados da avaliação do abastecimento urbano por sistema (2008/09) 492

Tabela 5.30: Resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca, agregada ao nível regional, por UAG, no período 1998/99 a 2008/09. 494

Tabela 5.31: Escala original de classificação do SPI (Mckee *et al*, 1993) 495

Tabela 5.32: Resultados SPI -12 (em Setembro) para o período de avaliação (1998/99 a 2008/09), para as UAG 1, 2 e 3. 496

Tabela 5.33: Registos de precipitação mensal nos anos hidrológicos de 2003/04, 2004/05 e 2005/06, nas UAG 1, 2 e 3. 498

Tabela 5.34: Cenários de precipitação mensal (P 75, P 50 e P 25 mensal), definidos para as UAG 1, 2 e 3. 499

Tabela 5.35: Dados dos indicadores de base (agricultura de sequeiro) para avaliação mensal do risco de seca, no período 2003/04 a 2005/06 (UAG 1). 500

Tabela 5.36: Resultados da avaliação socioeconómica mensal do risco de seca na agricultura de sequeiro, para o período 2003/04 a 2005/06. 501

Tabela 5.37: Resultados da avaliação socioeconómica mensal do risco de seca no regadio público, para o período 2003/04 a 2005/06. 506

Tabela 5.38: Indicadores de base da avaliação mensal do risco de seca no regadio público, para o período 2003/04 a 2005/06. 507

Tabela 5.39: Resultados da avaliação socioeconómica mensal do risco de seca no regadio privado, para o período 2003/04 a 2005/06. 511

Tabela 5.40: Indicadores de base da avaliação mensal do risco de seca no regadio privado, para o período 2003/04 a 2005/06 – Captações MAI. 512

Tabela 5.41: Indicadores de base da avaliação mensal do risco de seca no regadio privado, para o período 2003/04 a 2005/06 – Pequenas albufeiras. 513

Tabela 5.42: Indicadores de base da avaliação mensal do risco de seca no regadio privado, para o período 2003/04 a 2005/06 – Sistemas aquíferos. 514

Tabela 5.43: Resultados da avaliação socioeconómica mensal do risco de seca no abastecimento urbano, para o período 2003/04 a 2005/06. 517

Tabela 5.44: Indicadores de base da avaliação mensal do risco de seca no abastecimento urbano, para o período 2003/04 a 2005/06 – albufeiras públ. 518

Tabela 5.45: Indicadores de base da avaliação mensal do risco de seca no abastecimento urbano, para o período 2003/04 a 2005/06 – sist. aquíferos. 519

Tabela 5.46: Resultados da avaliação socioeconómica mensal do risco de afectação regional de seca (% PIB), para o período 2003/04 a 2005/06. 523

Tabela 5.47: Resultados mensais da avaliação socioeconómica da situação actual de severidade de seca, no sector do abastecimento urbano, no período de 2003/04 a 2005/06. 525

Tabela 5.48: Indicadores de base da avaliação mensal da situação actual de severidade de seca, no período de 2003/04 a 2005/06, no abastecimento urbano – Captações MAI 526

Tabela 5.49: Indicadores de base da avaliação mensal da situação actual de severidade de seca, no período de 2003/04 a 2005/06, no abastecimento urbano – Estremoz-Cano. 527

Tabela 5.50: Resultados mensais da avaliação socioeconómica da situação actual de severidade de seca, no sector agrícola, no período de 2003/04 a 2005/06. 530

Tabela 5.51: Resultados da avaliação da situação actual na afectação regional de seca, por UAG, no período de 2003/04 a 2005/06. 531

Tabela 5.52: Resultados do índice SPI, por UAG com base nos dados de precipitação acumulada a 12 meses, no período 2003/04 a 2005/06. 533

Tabela 5.53: Avaliação de volumes em défice, por UAG, no subsector de regadio público, para o período 1998/99 a 2007/08 534

Tabela 5.54: Avaliação de volumes em défice, por UAG, no subsector de regadio privado, para o período 1998/99 a 2007/08 535

Tabela 5.55: Avaliação de volumes em défice, por UAG, no sector agrícola, para o período 1998/99 a 2007/08. 535

Tabela 5.56: Avaliação de volumes em défice, por UAG, no sector do abastecimento urbano, para o período 1998/99 a 2007/08. 536

Tabela 5.57: Perdas de rendimento devidas aos défices, em volume, verificados nos subsectores do regadio público e privado, e no sector agrícola global, no período de 1998/99 a 2007/08, na UAG 2. Comparação com perdas económicas correspondentes a 10% de défice anual (limite para a identificação de escassez). 538

LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AC – Alterações Climáticas

ADCA – Águas do Centro Alentejo, S.A. – Grupo Águas de Portugal

ADNA – Águas do Norte Alentejano, S.A. – Grupo Águas de Portugal

ANPC – Autoridade Nacional de Protecção Civil

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

ARH – Administração de Região hidrográfica

CADC – Comissão para a Aplicação e o Desenvolvimento da Convenção

CCDR – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional

CEC – *Commission of the European Communities*

CGA – Comissão de Gestão de Albufeiras

CGER – *Commission on Geosciences, Environment and Resources* (EUA)

CHD – *Confederación Hidrográfica del Duero* (Espanha)

CHG - *Confederación Hidrográfica del Guadiana* (Espanha)

CMI – *Crop Moisture Index*

CNPGB – Comissão Nacional Portuguesa de Grandes Barragens

COTR – Centro Operativo de Tecnologia do Regadio

CPC – *Climate Prediction Center* (EUA)

CPS 2005 – Comissão para a Seca 2005

DG ENV EC - *Directorate General Environment of the European Commission*

DGA – *Dirección General del Agua* (Espanha)

DGADR – Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

DQA – Directiva Quadro da Água

DSS – *Decision Support System*

EA&S – Escassez de água e secas

EC – *European Commission*

EDIA – Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas de Alqueva, S.A.

EDP – Energias de Portugal, S.A.

EEA - *Environmental European Agency*

EFMA – Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva

EG – Entidades Gestoras (abastecimento urbano)

ERHSA – Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo

ETA – Estação de tratamento de água

EUA – Estados Unidos da América

FAO – *Food and Agriculture Organization*

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

GEE – Gases de Efeito de Estufa

GRH – Gestão de Recursos Hídricos

GWP – *Global Water Parternship* (Suécia)

HDI – *Human Development Index*

IM – Instituto de Meteorologia, I.P.

INAG – Instituto da Água, I.P.

INE – Instituto Nacional de Estatística, I.P.

INES – *Instituto Nacional de Estadística* (Espanha)

INSAAR – Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e Águas Residuais

IPCC – *Intergovernamental Panel for Climate Change*

ISA – Instituto Superior de Agronomia

IWMI – *International Water Management Institute* (EUA)

JRC – *Joint Research Centre* (EC)

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P.

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P.

MAI – Maciço Antigo Indiferenciado

MAOTDR – Ministério do Ambiente, Ordenamento, Transportes e Desenvolvimento Regional

MEA – *Millennium Ecosystem Assessment*

MMARM – *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino* (Espanha)

NADSS – *National Agricultural Decision Support System* (EUA)

NCDC – *National Climatic Data Center* (EUA)

NDMC – *National Drought Mitigation Center* (EUA)

NDPC – *National Drought Policy Commission* (EUA)

NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*

NIDIS – *National Integrated Drought Information System* (EUA)

NOAA – *National Oceanic & Atmospheric Administration* (EUA)

NP – Níveis piezométricos

OECD – *Organization for Economic Cooperation and Development*

PDSI – *Palmer Drought Severity Index*

PNUEA – Plano Nacional de Uso Eficiente da Água

PRIA – Inventário dos Pequenos Regadios Individuais do Alentejo

RDI – *Reconnaissance Drought Index*

SAIH – *Sistema Automático de Información Hidrológica* (Espanha)

SIA – *Sistema Integrado de Información del Agua* (Espanha)

SIAM – *Scenarios, Impacts and Adaptation Measures Project*

SIMPA – *Sistema Integrado de Modelización Precipitación – Aportación* (Espanha)

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

SPGS – Sistema de Previsão e Gestão de Secas

SPI – *Standardized Precipitation Index*

SVARH – Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos

SWM – *Stanford Watershed Model*

SWSI – *Surface Water Supply Index*

TCI – *Temperature Condition Index*

UAG – Unidade de análise e gestão

UE – União Europeia

UN – *United Nations*

UNDP – *United Nations Development Programme*

UNEP - *United Nations Environment Programme*

UNESCO – *United Nations Education, Science and Culture Organization*

UNISDR – *United Nations International Strategy for Disaster Reduction*

USACE – *United States Army Corps of Engineers* (EUA)

USGS – *United States Geological Survey* (EUA)

VCI – *Vegetation Condition Index*

WCRP – *World Climate Research Programme*

WEI – *Water Exploitation Index*

WMO – *World Meteorological Organization*

WPI – *Water Poverty index*

WSDG – *Water Scarcity Drafting Group*

WSI – *Water Stress Index*

WWAP – *World Water Assessment Programme*

LISTA DE VARIÁVEIS

A - área das culturas (avaliação do sector agrícola)

A_c – valor crítico de área de seca (secas regionais)

Af - afluências verificadas (modelação das origens - albufeiras)

A_s - área que, instantaneamente, estaria em seca (secas regionais)

C - captações para rega e/ou abastecimento urbano (modelação das origens - albufeiras); coeficiente de excedente (modelo de Temez)

C_i – captações no mês i (modelação das origens - aquíferos)

D - eventuais descargas ou caudais ecológicos (modelação das origens – albufeiras)

D (t) - o défice espacial de seca, num dado instante *t* (secas regionais)

Di - balanço mensal (SPEI)

D_i – descargas naturais no mês i (modelação das origens - aquíferos)

dot – dotações ou necessidades hídricas das culturas (avaliação do sector agrícola)

E - perdas por evaporação (modelação das origens - albufeiras)

E_i – perdas por evapotranspiração da camada saturada no mês i (modelação das origens - aquíferos)

ETo – evapotranspiração de referência

ET_t - evapotranspiração da bacia (modelo de Temez)

G - descarga do aquífero (modelo de Temez)

g(x) - função densidade de probabilidade *Gamma*

H_{max} - capacidade de armazenamento do solo (modelo de Temez)

I_t - infiltração (modelo de Temez)

NP – níveis piezométricos

p – €/ m^3 (*Willingness to pay* - WTP média do consumidor por unidade de volume)

P – precipitação

p(x) - o valor de estimativa dos percentis (Sistema de Indicadores Múltiplos – Estado da Geórgia (EUA)

Pd_i - perdas globais, correspondentes ao conjunto das descargas e das perdas por evapotranspiração da camada saturada

PET – evapotranspiração potencial

P_{neve}, P_{prec}, P_{escoam}, $P_{vol.arm.}$ - probabilidades de não excedência de neve e gelo, de precipitação, de escoamento superficial e de volumes armazenados, respectivamente (SWSI).

q - volumes consumidos mensais (m^3/ utilizador/ mês) – Função da Procura (avaliação do sector do abastecimento urbano)

Q_t - Escoamento superficial da bacia (modelo de Temez)

R_i - recarga no mês i (modelação das origens – aquíferos)

V_i – volume no final do mês i (modelação das origens - aquíferos)

V_i, V_{min}, V_{max}, V_{med}: - variável de análise, valor mínimo da série de registos, valor máximo e média, respectivamente (Índice de Estado)

V_{i-1} – volume no final do mês i-1 (modelação das origens - aquíferos)

W - Produtividade da Tremocilha (kg/ha) (avaliação do sector agrícola)

X1 - Precipitação acumulada entre o início de Novembro e o final de Fevereiro (mm) (avaliação do sector agrícola)

X2 - Precipitação ocorrida entre o início de Março e o final de Abril (mm) (avaliação do sector agrícola)

X_i – PDSI

X_t, - excedente de precipitação (modelo de Temez)

Y – Produção do Trigo (kg/ ha) (avaliação do sector agrícola)

Z - Produtividade da Aveia (kg/ha) (avaliação do sector agrícola)

Z (i) - variável padronizada para um dado instante de análise *i* (Secas regionais)

z1' - % de incumprimentos nas análises de qualidade da água – Função da Procura (avaliação do sector do abastecimento urbano)

z2' - % de alojamentos sem infra-estruturas básicas (de banho ou duche) – Função da Procura (avaliação do sector do abastecimento urbano)

z3' - % de população com 65 anos ou mais – Função da Procura (avaliação do sector do abastecimento urbano)

z4' - % de alojamentos com ocupação sazonal – Função da Procura (avaliação do sector do abastecimento urbano)

Z_i - anomalia das condições de precipitação do mês actual (PDSI)

zi' – características do sistema de abastecimento – Função da Procura (avaliação do sector do abastecimento urbano)

α - coeficiente de esgotamento do aquífero (modelo de Temez); parâmetro de escala (função *Gamma*)

β - parâmetro de escala (função *Gamma*)

η - eficiência do método de rega utilizado (avaliação do sector agrícola)

θ – rendimento disponível per capita (€ 10^3 / pessoa / ano) – Função da Procura (avaliação do sector do abastecimento urbano)

φ – Temperatura média anual (ºC) – Função da Procura (avaliação do sector do abastecimento urbano)

Introdução

As situações de seca, entendidas como uma redução transitória das condições de precipitação, face ao normal para a região e período em questão, correspondem a um fenómeno natural, de origem meteorológica, que sucede com alguma regularidade. Como tal, é impossível ser evitado e os seus efeitos são tanto mais gravosos quanto mais intensa for a dependência e utilização da água na região. Mais ainda, não é possível prever, com a antecipação desejável, o início de uma situação de seca, nem tão pouco o seu fim. Por esse motivo, deverá existir uma maior aposta na prevenção, planeamento e gestão do risco de seca, atendendo às características da região e aos principais sectores utilizadores que poderão ser afectados.

Por outro lado, as condições de escassez estão relacionadas com a influência humana sobre os recursos hídricos, nomeadamente com o nível de utilizações, face às disponibilidades existentes numa dada região. Porém, não existe um volume fixo de água disponível, variando este em função das condições meteorológicas e das infra-estruturas instaladas na região, o que dificulta a estipulação de limites de utilização. Uma vez que a água é indispensável para actividades tão fundamentais como a produção de alimentos ou o abastecimento doméstico (garantia das condições mínimas de salubridade e higiene), mas também para o desenvolvimento económico de uma região ou país (através da agricultura, turismo, indústria ou produção de energia), torna-se difícil caracterizar e controlar os problemas de escassez de forma isolada.

A seca e escassez de água correspondem, então, a problemáticas distintas na causa que lhes está subjacente. Não obstante, em situações como a região sul da Europa onde, devido às características climáticas, existe, desde logo, uma limitação dos recursos hídricos disponíveis, verifica-se uma forte interdependência entre secas e escassez. Numa região onde se verifiquem situações de escassez, a margem de segurança no abastecimento das utilizações é, ainda, bastante reduzida, tornando a região especialmente vulnerável à seca, por mais ligeira que seja.

O objectivo principal da presente tese consiste, então, no desenvolvimento de uma metodologia, adaptada à realidade portuguesa, de avaliação e gestão de situações de seca, atendendo às características das utilizações e origens de água existentes na região em avaliação. A avaliação resultante dessa metodologia deverá permitir a previsão de potenciais

impactos, ao nível do ano hidrológico, proporcionando um alerta precoce do início de uma seca e o acompanhamento da situação, incluindo uma avaliação estimativa da expectável relevância socioeconómica dos impactos de seca sobre os diferentes utilizadores. Por outro lado, um dos princípios base subjacentes ao desenvolvimento da mesma consiste em assegurar a sua aplicação prática final, nomeadamente no apoio ao processo de tomada de decisão e de aplicação de medidas, abarcando, dessa forma, a componente de gestão de situações de seca.

Assim, para essa avaliação é considerado um conjunto de indicadores de base, representativos de diferentes fases do ciclo hidrológico, bem como o recurso a cenários de precipitação e a modelos de simulação numérica para a previsão das disponibilidades nas principais origens de água da região. Através da previsão contínua do balanço disponibilidades/ necessidades nessas origens é possível estimar a expectável afectação económica dos principais sectores utilizadores, resultado de uma afectação dessas disponibilidades, e assegurar uma maior prevenção e preparação na gestão de secas. Simultaneamente, a aplicação da mesma metodologia de avaliação, mas a um período de tempo mais alargado (10 anos), permitirá, também, alertar para a existência de eventuais problemas de escassez.

O desenvolvimento da metodologia de avaliação e gestão é, então, efectuado por aplicação a uma região de estudo, localizada na parte portuguesa da bacia do Guadiana (zona a montante de Alqueva), procurando incorporar as especificidades dessa bacia no que toca: (i) à ocorrência regular de situações de seca, (ii) às reduzidas disponibilidades de recursos hídricos, (iii) à natureza transfronteiriça da bacia (partilhada entre Portugal e Espanha), e (iv) a um novo paradigma da gestão de recursos hídricos da região, com a construção e exploração do empreendimento de fins múltiplos de Alqueva.

Importa ainda referir que, tendo por base comum a metodologia e o caso de estudo, a presente dissertação foi desenvolvida a par de um projecto, de iniciativa do Instituto da Água, I.P., para desenvolvimento de um Sistema de Previsão e Gestão de Secas (SPGS). O desenvolvimento desse projecto, por aplicação, numa primeira fase, às regiões hidrográficas piloto do Guadiana e das Ribeiras do Algarve, está a cargo da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), sob responsabilidade do Professor Rodrigo Maia e com o envolvimento directo do autor da presente tese, bem como da Universidade de Évora para os desenvolvimentos específicos da componente agronómica, sob responsabilidade do Professor Ricardo Serralheiro. Do trabalho levado a cabo nesse projecto surgem importantes contributos para a presente dissertação, que são devidamente reflectidos e referenciados no trabalho agora apresentado.

Deste modo, a organização da presente tese irá, ela própria, reflectir o caminho seguido na prossecução dos objectivos descritos, sendo subdividida em 6 capítulos principais.

No Capítulo 1 é feito um enquadramento dos principais problemas envolvidos nos processos de gestão de secas e escassez, enquanto parte integrante da gestão de recursos hídricos, analisando, tanto quanto possível, de forma isolada, e em igualdade de importância, as problemáticas das situações de seca e da escassez. Nesse sentido procurou-se: (i) consolidar e distinguir os conceitos de base associados quer às secas quer à escassez, (ii) destacar a importância actual dos impactos respectivos, (iii) perspectivar novos desafios para futuro, (iv) atender às principais linhas orientadoras da política europeia nestas temáticas, (v) estabelecer o

enquadramento legal e institucional respectivo em Portugal Continental e (vi), por último, descrever a abordagem seguida actualmente na avaliação e gestão destas matérias em Portugal.

No Capítulo 2 é efectuada uma revisão do estado do conhecimento, sendo sistematizados e detalhados os principais desenvolvimentos, tanto em relação às situações de seca, como em relação à escassez, mantendo um esquema de avaliação diferenciada. No primeiro caso (secas), é feita uma revisão da experiência mais relevante a nível mundial, destacando as metodologias de avaliação de risco, a utilização de indicadores/ índices e a avaliação socioeconómica de impactos de seca. No caso da escassez é igualmente destacada a utilização de indicadores/ índices e efectuada uma breve análise das principais metodologias de avaliação utilizadas a nível Europeu. Esta revisão é concluída com a identificação das principais linhas de investigação nesta matéria, destacando as necessidades mais prementes na avaliação e gestão de situações de seca, bem como as principais dificuldades existentes na avaliação de escassez.

No Capítulo 3 é delimitada e caracterizada a região de estudo. Inicia-se com uma análise global de escassez no contexto nacional, e também das principais situações de seca verificadas, nos últimos 30 anos, a nível nacional. Em seguida é feita uma caracterização genérica da bacia do Guadiana, destacando as características gerais e climáticas, bem como uma descrição breve, tanto para a parte espanhola, como para a parte portuguesa da bacia. Este capítulo conta ainda com uma avaliação específica dos impactos de seca verificados na parte portuguesa da bacia, tomando como referência as situações mais significativas ocorridas nos últimos 30 anos e, em especial, uma análise detalhada da situação verificada, nessa área, na seca de 2005. Por fim, tendo por base as características mais relevantes da região, é individualizada uma área de estudo, posteriormente subdividida segundo unidades espaciais de análise e gestão de recursos hídricos (UAG), que servirão de unidade de aplicação da metodologia de avaliação e gestão de secas e escassez a desenvolver.

No Capítulo 4 é desenvolvida a metodologia de avaliação de situações de seca e escassez, por aplicação ao caso de estudo seleccionado e caracterizado no Capítulo 3. Como objectivo principal considera-se, então, que a metodologia a desenvolver deverá assentar na avaliação socioeconómica de impactos de seca, estimando a potencial afectação socioeconómica dos principais sectores utilizadores de água na região: a agricultura e o abastecimento urbano, por limitação das disponibilidades existentes. Assim, como análise de base, é efectuada uma caracterização das principais situações de seca verificadas na região em estudo, por análise das variáveis instrumentais consideradas representativas para o período de registos existente (entre os anos hidrológicos de 1960/61 e de 2009/10). Por outro lado, são desenvolvidas metodologias específicas de avaliação dos impactos socioeconómicos de seca, de acordo com as características dos principais sectores utilizadores existentes na região: a agricultura e o abastecimento urbano. Adicionalmente é sistematizado o esquema geral de aplicação da metodologia de avaliação, bem como o processo de modelação das principais origens da zona em estudo, a partir dos quais é possível prever, a evolução dos impactos de seca. A classificação final da severidade de seca é descrita de forma específica para os principais sectores utilizadores, mas também ao nível regional, salientado a importância das perdas expectáveis face às características socioeconómicas da região (representadas pelo

Produto Interno Bruto da mesma). Por fim, é explanada a forma como a metodologia desenvolvida poderá ser aplicada à avaliação de cenários meteorológicos e de utilizações de longo prazo (decénios), permitindo, desta forma, abordar a problemática da escassez e estimar os impactos socioeconómicos associados.

No Capítulo 5 é feita uma análise e discussão dos resultados passíveis de serem obtidos com a metodologia desenvolvida. Em primeiro lugar é efectuada uma validação da metodologia analisando, à escala anual, as principais situações de seca ocorridas no período de 1998/99 a 2008/09. Essa validação é efectuada, de forma diferenciada, para o sector agrícola (incluindo a divisão segundo os subsectores da agricultura de sequeiro, de regadio público e de regadio privado) e para o sector do abastecimento urbano. Além disso é efectuada uma avaliação da afectação regional obtida por agregação dos resultados daqueles sectores. Em seguida é efectuada uma simulação da avaliação mensal que poderia ter sido conseguida, com recurso à presente metodologia, na situação de seca de 2005. Por fim, é efectuada uma aplicação da metodologia desenvolvida para a avaliação de escassez na região em estudo no período de 1998/99 a 2008/09.

Por último, no Capítulo 6 são apresentadas as principais conclusões e traçadas as linhas gerais para utilização desta metodologia na implementação de um sistema de avaliação e gestão de secas, aplicável às principais regiões hidrográficas de Portugal Continental. No mesmo capítulo são, ainda, destacadas algumas recomendações para potenciais melhoramentos e desenvolvimentos futuros do trabalho agora apresentando.

1.Enquadramento e conceitos de base

1.1 Geral

A água é um componente essencial dos sistemas naturais e indispensável à existência de vida no nosso planeta. Porém, sendo um elemento base de praticamente todas as actividades humanas, a sua ampla e generalizada utilização, bem como o acesso fácil e a presença no nosso planeta sob as mais diversas formas (oceanos, rios, glaciares, etc.), conduziram a uma subvalorização da sua importância, gerando a ilusão de tratar-se de um recurso garantido e de características não finitas.

Sendo um recurso natural, que se renova parcialmente em ciclos contínuos, a água não deixa, porém, de ser um recurso relativamente escasso. Se o volume global de água na Terra, estimado por Shiklomanov & Sokolov (1983), ascende a quase 1 386 000 000 km^3, apenas 2,5%, desse total, são considerados volumes de água doce, ou seja, não correspondem a oceanos ou água salobra. Dessa parcela, já aparentemente reduzida, quase 70% encontra-se sob a forma de glaciares ou gelo permanente ou, ainda, sob a forma de humidade e vapor de água na atmosfera. Assim, a quantidade de água doce disponível para utilização humana fica restrita a menos de 1% de toda a água existente no planeta, encontrando-se, ainda, distribuída sob diferentes formas: acumulada no subsolo (em especial em formações aquíferas), lagos, humidade nos solos, rios e outros cursos de água, por ordem decrescente de importância global.

Estes volumes não são, todavia, estacionários, nem no tempo, nem no espaço, verificando-se uma permanente interacção, com trocas constantes, entre as diferentes fases descritas, através do designado Ciclo Hidrológico (Figura 1.1).

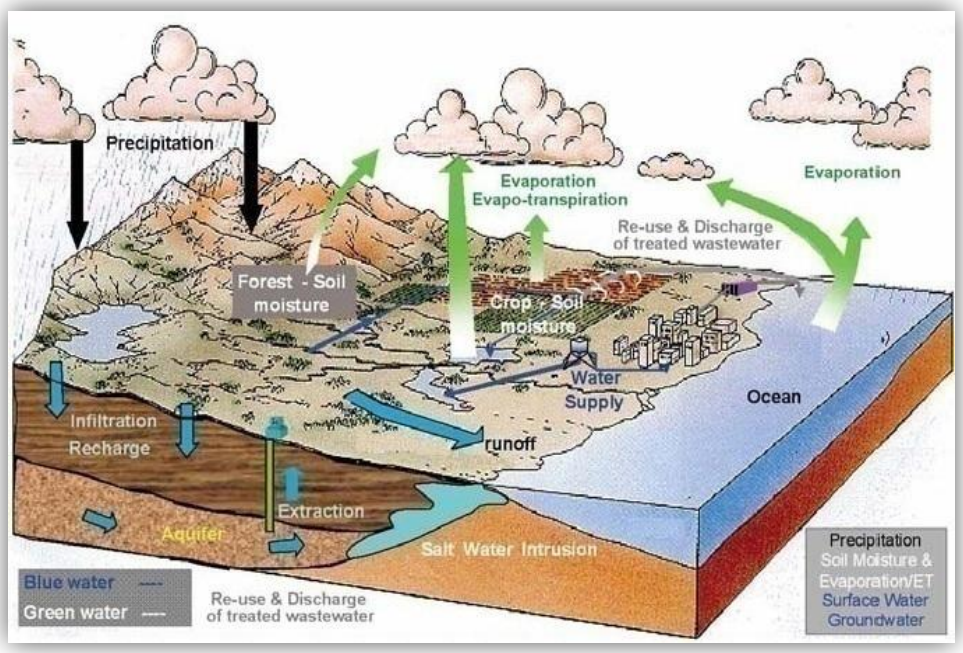


Figura 1.1: Representação do Ciclo Hidrológico (WWAP, 2006)

Este ciclo consiste, muito simplificadamente, no fluxo da água entre a camada superficial da Terra, os oceanos e a atmosfera. Neste processo natural, alimentado pela energia do Sol e contando com o auxílio da força da gravidade, a água sofre alterações de estado, enquanto flui pelas diferentes fases do ciclo. Sob influência daquele astro, a água evapora-se a partir de zonas húmidas e massas de água tais como lagos, albufeiras, rios e oceanos, bem como através da transpiração das plantas e da actividade dos seres vivos à face da Terra, sendo transportada para a atmosfera. Aí, verifica-se a sua condensação, dando origem à formação de nuvens que, por sua vez, conduzirão à queda de precipitação sob a superfície da Terra. Pelo menos uma parte dessa precipitação irá escoar-se superficialmente, mas também pelo subsolo, correndo em direcção aos oceanos, onde acabará por ser evaporada novamente (Singh, 1992; Cech, 2005).

Tal como se referiu, este ciclo é contínuo, tendo como principais características, que permitem a nossa sobrevivência à face da Terra: (i) os oceanos perderem maiores volumes de água por evaporação do que os que recebem através da precipitação, (ii) a superfície terrestre receber mais água pela precipitação do que a que perde por evaporação e (iii) o excesso de água na superfície terrestre retornar aos oceanos, essencialmente sob a forma de escoamento superficial, equilibrando o défice nas trocas entre os oceanos e a atmosfera (Dingman, 2002).

Neste ciclo, o vapor de água é transportado através da atmosfera terrestre para diversas regiões no mundo, onde se dá a condensação e, eventualmente, precipitação (sob a forma de chuva ou de neve), gerando diferenças significativas na distribuição geográfica dos volumes de água disponíveis. De facto, em termos espaciais, importa realçar as diferentes escalas a que este ciclo se desenvolve. Se, por um lado, a sua abrangência é global, não distinguindo fronteiras nem limites topográficos (a atmosfera é comum a todos os pontos do globo e verifica-se a ligação entre os diferentes oceanos), quando analisada a fase do ciclo em que a água

circula ou é interceptada na superfície terrestre, a escala espacial é bem mais reduzida. Aquele líquido, sob acção da força da gravidade, fica restrito ao espaço físico onde, qualquer gota de água que caia sob a forma de precipitação e que dê origem a escoamento superficial é drenada através de canais naturais, os ribeiros, até ao leito dos rios e estes, por sua vez, até ao mar. Esta área, designada por bacia hidrográfica, pode ser delimitada pelas linhas de cumeada da topografia natural, uma vez que é daí resultante a separação das águas que alimentam os diferentes rios (Lencastre & Franco, 1984). Pelas suas características é no interior desta área que se quantificam os volumes de água disponíveis, numa dada região, para as diferentes utilizações e, como tal, é também esta a unidade-base habitualmente admitida para a gestão dos mesmos (GWP, 2000; Louka, 2008).

Pela conjugação de todos estes factores, assume especial relevância a análise das situações em que a água se torna um recurso limitado e onde os seus utilizadores, numa dada região, competem pelos volumes disponíveis. As situações de falta de água podem verificar-se porque os níveis de utilização ultrapassam o aceitável face ao habitualmente disponível (escassez), ou por uma anomalia transitória das disponibilidades, por redução significativa da precipitação, face ao característico para a região e período em causa (seca).

1.2 Gestão de Recursos Hídricos

O objecto de investigação na Gestão de Recursos Hídricos (GRH), no seu conceito principal, é claramente intrínseco e directamente resultante da dinâmica de circulação e de aleatoriedade da existência de água, numa dada região, bem como da sua utilização, de importância crescente para as actividades humanas. Assim, como o presente trabalho é especialmente dedicado à gestão da água em situações de seca e escassez de água, um dos principais ramos da GRH, irá ser feita uma contextualização inicial do paradigma de gestão da água a nível mundial, com uma breve descrição da evolução histórica do uso e estudo da água, será, também, brevemente abordada a caracterização das principais utilizações e da sua importância, a nível global.

1.2.1 Breve perspectiva histórica

Tal como referido em Biswas (1997) a história da espécie humana teve sempre por base a dependência do Homem pela água e a sua interacção com esta. De facto, as necessidades mais básicas das primeiras espécies hominídeas à face da Terra, há cerca de 6 a 8 milhões de anos, correspondiam à procura de comida, abrigo e água. Segundo Cech (2005), verificou-se, uma tendência para o aparecimento das primeiras comunidades pré-históricas junto às margens de lagos, na África Central e ao longo do curso dos principais rios no Médio Oriente, Norte da China e Índia. A variabilidade da precipitação terá levado o Homem a deslocar-se ainda para regiões mais húmidas, onde a disponibilidade de comida se verificava mais fiável, mas é possível constatar que as mais importantes civilizações se desenvolveram e prosperaram nas margens de rios como o Nilo, o Eufrates, o Tigre e o Indo.

A suficiente disponibilidade de água para beber, para a produção de alimentos e, até mesmo, para transporte, revelou-se fundamental para a sobrevivência do Homem, verificando-se que as sociedades mais prósperas resultavam de uma correcta gestão das suas reservas de água, enquanto o oposto conduzia frequentemente a um declínio na saúde e bem-estar das populações e, em casos extremos, na aniquilação de civilizações (Biswas, 1997).

Newson (1997) realça que alguns dos mais importantes projectos de aproveitamento dos recursos hídricos foram desenvolvidos há cerca de 6 a 8 mil anos, com as primeiras formas de aproveitamento de água para rega a surgirem por volta do sexto milénio a.C. em duas importantes civilizações: Mesopotâmia e Egipto. Por outro lado, os mais remotos vestígios de edificações servidas por sistemas de abastecimento e de drenagem de água surgiram em locais povoados por civilizações hindus por volta dos anos 2200 a.C.. No caso dos Egípcios, tal como indica Singh (1992), é notável que tenham conseguido regar mais de 4600 km^2 de terreno por volta dos anos 500 a.C., graças a sistemas que permitiam o aproveitamento das águas do rio Nilo, no decurso das suas inundações anuais. Porém, segundo o mesmo autor, foram os chineses os primeiros engenheiros a conseguirem escavar poços a uma profundidade de 1500m, por volta do ano 2000 a.C., enquanto os Persas idealizaram e conceberam os *quanats*[1] por volta do ano 800 a.C. em diversas regiões da Ásia, Norte de África e Médio Oriente, implicando, muitas vezes, a escavação de um complexo sistema de túneis a cerca de 150 m de profundidade.

O aumento na disponibilidade de alimentos permitiu, também, que as civilizações prosperassem, dando-se o aparecimento dos primeiros centros urbanos. Desta feita, foram os Romanos, há pouco mais de 2000 anos, os responsáveis por um progresso bastante significativo no desenvolvimento de sistemas de abastecimento de água e de drenagem desses aglomerados populacionais, por recurso a extensivos aquedutos e outros sistemas adicionais (Singh, 1992), sendo curioso verificar que, apesar do seu vasto conhecimento e dos notáveis projectos realizados, não existem evidências concretas de que os engenheiros romanos, no seu conjunto, faziam sequer ideia do que era o Ciclo Hidrológico (Newson, 1997).

De facto, Biswas (1997) aponta que, apesar de se verificar um importante reconhecimento da água, e do seu correcto aproveitamento, nos registos de evolução das sociedades humanas, em especial em regiões de características mais áridas, o conhecimento sobre este recurso e sobre a forma como o mesmo é disponibilizado à face da Terra, pouco evoluiu até recentemente.

Poderá dizer-se que o conhecimento hidrológico permaneceu reduzido até cerca do ano 1400 d.C., correspondente ao designado período especulativo. Alguns filósofos gregos como Thales, Plato e Aristóteles (entre os anos 600 e 300 a.C.) chegaram mesmo a teorizar que a água seria conduzida para o interior das rochas pelo vento e que seria oriunda de uma grande caverna denominada Tartarus ou condensada em ambiente subterrâneo de onde posteriormente ascendia à superfície. Só algumas observações, levadas a cabo entre os séc. XIV e XVI d.C., por Leonardo da Vinci, Bernard Palissy, entre outros, permitiram constituir as bases para uma

[1] Conjunto de aquedutos subterrâneos que ligavam um poço principal às diferentes comunidades mais próximas permitindo o abastecimento de água às mesmas (Cech, 2005)

quantificação e compreensão dos diferentes componentes do ciclo hidrológico. Desse período observacional evoluiu-se para a fase das medições concretas (entre 1600 e 1700), para a experimentação (1700 e 1800), modernização (1800-1900), empirismo (1900-1930), racionalização (1930-1950) e teorização (1950-1965). A partir de 1965, com o aparecimento dos computadores, iniciou-se uma nova época, da modelação e simulação computacional que, com o conhecimento adquirido sobre os processos físicos reais do ciclo hidrológico, tornou possíveis algumas inferências sobre o futuro, auxiliando o processo de gestão da água (Singh, 1992).

1.2.2 Utilizações da água

Ao nível do ciclo hidrológico é possível afirmar que nenhuma quantidade de água se ganha ou se perde, mas antes sofre um processo de transformação. Não obstante, é globalmente aceite a subdivisão das principais utilizações da água segundo se consideram *consumptivas* ou *não consumptivas,* tal como apresentado por Dingman (2002):

- *Utilizações consumptivas* – porção de água extraída de uma origem superficial ou subterrânea, que deixa de estar disponível, nessa mesma origem, para utilizações subsequentes.

- *Utilizações não consumptivas* – por oposição à anterior, corresponde à utilização de água, de uma dada origem, que subsequentemente fica disponível para novas utilizações. São também consideradas deste tipo as utilizações que não necessitam de extracção da água da origem respectiva.

Dentro destas categorias são habitualmente considerados os seguintes sectores utilizadores:

1.2.2.1 Utilizações consumptivas:

<u>Abastecimento Urbano</u>

Os actuais sistemas urbanos pouco diferem dos inicialmente desenvolvidos pelos Romanos para permitir um abastecimento mais saudável aos residentes nos principais núcleos populacionais. De facto, ainda hoje, estes sistemas (i) têm por base, sempre que possível, a força da gravidade para a distribuição de água, (ii) as suas origens de água correspondem a reservas superficiais ou subterrâneas, (iii) a distribuição de água pelas habitações é assegurada por um sistema de tubagens que percorre as ruas das cidades e (iv) as águas residuais (depois de utilizadas e, actualmente, também tratadas) são devolvidas ao meio receptor (leito dos rios), a jusante das áreas residenciais (Cech, 2005).

Porém, como a água se tornou um factor de desenvolvimento económico, foi necessário assegurar um fornecimento fiável, mesmo em situações de seca, de modo a fazer face aos movimentos migratórios que fizeram crescer de forma exponencial a população dos centros

urbanos. À medida que se ia generalizando a noção de que a água constitui um bem público, a que todos deveriam ter acesso, a abrangência destes sistemas foi alargada também a zonas rurais. Na realidade, o uso da água para abastecimento urbano é actualmente considerado prioritário relativamente aos restantes usos[2].

Segundo dados da EEA (2009), actualmente cerca de 21% da água captada, nas mais diversas origens, destina-se ao abastecimento urbano, englobando não só a distribuição de água para os edifícios habitacionais, mas também para pequenas empresas, estabelecimentos hoteleiros, escritórios, hospitais, escolas e ainda algumas indústrias, em especial para fins sanitários. Todavia, ainda segundo a mesma fonte, apenas 20% desse volume é realmente consumido, com os remanescentes 80 % a serem devolvidos posteriormente ao meio receptor, sob a forma de água residual tratada.

Agricultura (rega)

Ao longo dos tempos a agricultura foi-se tornando na origem maioritária da alimentação do Homem, que obtém directamente a partir da formação de biomassa (sementes, frutas, tubérculos, folhas, etc.) e indirectamente, a partir da produção secundária, ou seja, da pecuária (carne, leite, ovos, etc.) (Raposo, 1996).

Ainda segundo Raposo (1996) é considerado provável que a utilização de água para rega se tenha verificado logo após os primórdios da agricultura, nas vizinhanças dos cursos de água, a partir de onde era possível efectuar uma derivação para os terrenos cultivados, para compensar a falta de chuva, ou até por ter sido observado o efeito favorável das cheias em regiões com níveis de precipitação reduzidos. Cech (2005) aponta a rega como propícia para diferentes fins, nomeadamente: a necessidade de produção de culturas em regiões com níveis de precipitação insuficientes para tal, o aumento dos índices de produção das culturas em regiões moderadamente húmidas e/ou para compensar as falhas de humidade nas épocas mais secas. De facto, analisando a evolução histórica do uso da água, verifica-se que a necessidade crescente de produção de alimentos foi um resultado da prosperidade civilizacional e do consequente crescimento exponencial da população (Biswas, 1997). Esse crescimento assumiu proporções ainda mais significativas a partir da segunda metade do séc. XX, com um crescimento de 2,3 mil milhões de pessoas em somente 30 anos, mais concretamente, entre 1970 e 2000 (Cech, 2005). Actualmente, segundo dados de UN (2009), a população mundial totaliza já quase 7 mil milhões de pessoas, realçando a importância desta utilização para a sobrevivência da sociedade humana[3]. Felizmente, a produção de alimentos conseguiu acompanhar este crescimento, devido, em parte, a uma variedade de culturas mais adaptada às necessidades alimentares e às características das regiões onde essa produção tem lugar, mas também devido à rega, verificando-se que são cada vez maiores as parcelas de terra regadas a nível mundial, especialmente nos países em desenvolvimento.

Fundamentalmente poderão ser distinguidos dois tipos de sistemas de rega, tendo em conta a sua base de funcionamento, i.e. por acção da gravidade ou sob pressão (Raposo, 1996).

[2] Ver ponto 1.5.1.
[3] Ver ponto 1.3.4.

Se, inicialmente, a rega era assegurada por sistemas de canais e levadas que conduziam à percolação da água no solo por acção da gravidade, e que ainda hoje são utilizados em alguns locais e por um sector da agricultura de dimensão mais familiar, actualmente, nas regiões onde a agricultura se encontra mais desenvolvida, esses sistemas evoluíram para complexos sistemas de funcionamento sob pressão, como é o caso da tecnologia mais recente de rega gota-a-gota[4]. Nestes, o princípio-base é a eficiência de utilização da água, de modo a ser possível fomentar o aumento de produtividade (Cech, 2005). De facto, se, por volta de 1900, a agricultura correspondia a cerca de 90% de todas as utilizações de água, uma quantificação efectuada pouco antes do ano 2000 apontava para uma descida desse valor para cerca de 62%, facto apenas passível de explicação pelo aumento deveras significativo na eficiência de utilização de água neste sector de importância exponencial (Biswas,1997).

Indústria

Uma vez que, actualmente, a indústria é um sector económico cuja importância para o Produto Interno Bruto, nos países industrializados, é normalmente bastante superior ao da Agricultura, a mais-valia da água, enquanto factor de produção assume também maior importância. Tal facto tornou-se especialmente relevante a partir da década de 1940, onde o processo de industrialização iniciou uma aceleração significativa, difundindo-se por diversas partes do globo. De facto, se nessa década a utilização da água para fins industriais representava cerca de 6% das utilizações mundiais de água, no final do século significava já quase 24% de todas as utilizações à face da Terra (Biswas, 1997).

Tal como apontado em EEA (2009), no sector da indústria transformadora a água é utilizada para os mais diversos fins, tais como: para aquecimento e arrefecimento, para produção de vapor, para o transporte de substâncias ou partículas dissolvidas, como matéria-prima, como solvente, bem como parte do produto final (como acontece na indústria agro-pecuária, por exemplo). As principais unidades industriais tanto podem ser abastecidas pelos sistemas públicos de água, como através de captações próprias. Ainda segundo o mesmo relatório (EEA, 2009), a nível Europeu, os principais utilizadores de água na indústria correspondem às indústrias químicas e de refinaria de petróleo, (responsáveis por cerca de metade de todo o consumo de água para a Indústria na Europa), enquanto as empresas metalúrgicas, do papel, ou do ramo alimentar contabilizam grande parte do consumo remanescente.

Ainda assim, de forma geral e não obstante o uso cada vez mais intensivo de água pela indústria, a diminuição da qualidade da água, os custos crescentes na captação e utilização da água, e ainda as normas rígidas de rejeição de efluentes, têm levado as indústrias a adoptarem níveis crescentes de eficiência na utilização da água, tal como a agricultura (WWAP, 2009).

Turismo

O desenvolvimento da economia mundial, o melhoramento do nível médio de vida, em especial nos países industrializados, bem como as facilidades crescentes na deslocação de

[4] Utilizada especialmente para a produção de culturas de maior retorno económico, tais como fruta, vegetais, vinha, etc. Consiste num sistema de tubos de plástico com pequenos orifícios, que são alinhados com as culturas, e que permitem o fornecimento, gota-a gota, da quantidade de água estritamente necessária ao desenvolvimento da cultura em causa (Cech, 2005).

pessoas entre os mais distantes lugares do mundo, rapidamente transformaram o Turismo numa importante actividade económica, com consequentes implicações para o consumo de água (Biswas, 1997). De facto este sector pode intensificar de forma bastante significativa os consumos do abastecimento urbano, uma vez que, tipicamente, a capitação diária de um turista excede largamente a correspondente de um habitante local. Não obstante, nos mais importantes empreendimentos turísticos, o consumo de água não se destina apenas à alimentação e consumo pessoal, mas também, de forma significativa, à manutenção de actividades recreativas e de lazer como piscinas, parques aquáticos, campos de golfe, jardins, etc. (EEA, 2009).

Tal como no caso da indústria, as principais unidades deste sector poderão utilizar origens de água próprias ou estar ligadas aos sistemas públicos de distribuição, contribuindo, neste último caso, para uma importante intensificação dos consumos no abastecimento urbano, particularmente em determinadas épocas do ano, como a época de Verão nas zonas costeiras do Sul da Europa. Nestas regiões, as necessidades impostas pelo sector do Turismo acabam por coincidir com o pico de necessidades de rega das culturas agrícolas (também de variação sazonal), o que induz sérias pressões sobre os recursos hídricos da zona, que, habitualmente, por essa altura, se encontram nos seus níveis mais baixos de disponibilidades (WWAP, 2009).

1.2.2.2 Utilizações não consumptivas

Produção de energia

Ainda que não seja considerada consumptiva, a utilização da água para a produção de energia assume particular importância. De facto, qualquer das principais fontes de produção de energia – Térmica, Nuclear e Hidroeléctrica, está especialmente dependente da água, podendo inclusive constituir um factor limitativo dessa produção (Singh, 1992). Se, no caso da hidroeléctrica, a água constitui o factor base de produção de energia (por conversão da energia cinética associada àquele recurso), no caso da térmica e, mais ainda, da nuclear, a utilização da água fica a dever-se, principalmente, às necessidades de arrefecimento (EEA, 2009).

Devido às pressões crescentes para a diminuição da emissão dos gases de efeito de estufa, e utilização preferencial de origens renováveis para a produção de energia, a produção de energia a partir de empreendimentos hidroeléctricos foi destacada como uma das mais importantes soluções disponíveis, realçando a importância desta utilização (WWAP, 2009).

Por outro lado, em especial a nível Europeu, os volumes usados para o arrefecimento nas centrais térmicas e nucleares chegam mesmo a representar 44% do total de captações de água doce, tendo, maioritariamente, origem em águas superficiais. Essa água é normalmente restituída a jusante, embora a uma temperatura por vezes alguns graus superior, o que pode causar sérios impactos sobre os ecossistemas endémicos. Tendo em vista a diminuição deste efeito negativo, tem-se verificado uma substituição dos antigos sistemas de arrefecimento por outros mais modernos, nos quais a água entra num circuito de recirculação, sendo arrefecida após a primeira passagem pelo equipamento, em torres de refrigeração. Com este sistema evita-

se a restituição de água a jusante a uma temperatura superior à normal para o ecossistema local. Passa, porém, a constituir mais um uso consumptivo da água (EEA, 2009).

1.2.3 Importância global das utilizações

De acordo com o que vem sendo descrito, em consonância com Biswas (1997), verifica-se que o uso de água tem sofrido uma importância crescente ao longo da história da evolução humana, tendo o século XX sido particularmente relevante nessa matéria. Na realidade, e como se pode depreender da análise da Figura 1.2, houve um crescimento bastante significativo do consumo de água durante o século XX em todos os sectores utilizadores, aumento esse que foi particularmente significativo a partir de 1940 para a agricultura, a principal utilização de água e, a partir dos anos 60, para a indústria e abastecimento urbano.

Em termos gerais, no século passado, o consumo global de água aumentou cerca de 10 vezes, o que impõe sérias preocupações quanto à sustentabilidade da sua utilização futura segundo os moldes actuais. De facto, tal como também descrito por Biswas (1997) a utilização crescente deste recurso, e a consequente competição pelo mesmo, deverá conduzir, muito provavelmente, a um aumento do custo associado à sua exploração, o que acabará por impor um aumento de eficiência na sua gestão e na utilização que é feita pelos diferentes sectores, à semelhança do que tem acontecido no sector da energia com os aumentos do custo do petróleo.

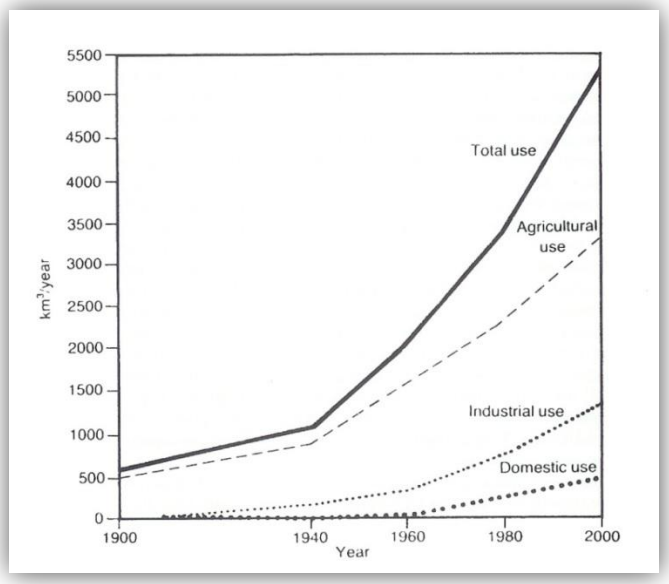


Figura 1.2: Evolução da utilização da água durante o século XX segundo os principais sectores utilizadores (Biswas, 1997).

Com o crescimento do consumo de água, os diferentes países foram, também, progressivamente, aumentando as suas capacidades de armazenamento e de aproveitamento dos recursos disponíveis. A Figura 1.3, por sua vez, espelha bem esse aumento, sendo de notar

que os continentes onde a taxa de utilização dos recursos hídricos disponíveis é mais elevada, e onde se verificou também um maior crescimento, são a Europa e a Ásia, embora com diferenças bastante significativas, fruto das diferenças óbvias entre estes dois continentes (principalmente em termos de dimensão).

Biswas (1997) acrescenta ainda que, devido a restrições técnicas, económicas e ambientais, apenas uma parcela de água disponível poderá ser utilizada de forma sustentável nas diferentes regiões do Mundo. De facto, embora a evolução e inovação tecnológicas possam contribuir para elevar um pouco mais a fasquia nos volumes de água disponível (como por exemplo a partir da reutilização de águas residuais ou da dessalinização), existirá sempre uma parcela de água que não poderá ser aproveitada, seja por condicionantes económicas ou ambientais.

Louka (2008) salienta ainda que, embora muitas vezes se resuma a crise de água mundial actual à falta de água para satisfazer as necessidades crescentes, devidas à explosão demográfica e às pressões impostas pelas diversas utilizações de água (desde a agricultura à indústria, passando ainda pela produção de energia), a verdadeira crise encontra-se na gestão, muitas vezes inadequada, deste recurso, focando a necessidade de se assegurar que cada parcela de água seja utilizada de forma racional e eficiente e que sejam atendidas, não só às necessidades humanas, mas também as condições de sustentabilidade dos ecossistemas naturais.

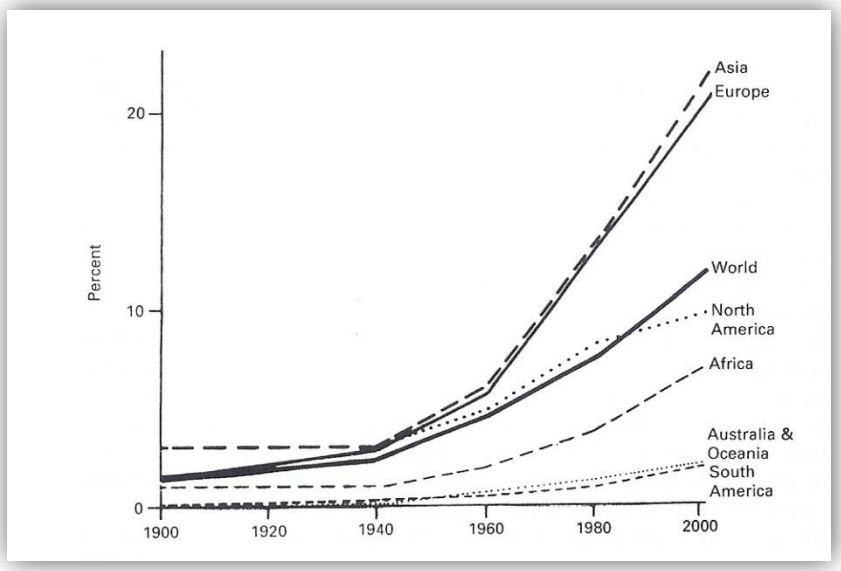


Figura 1.3: Evolução da taxa de utilização dos recursos hídricos disponíveis, nos principais continentes, durante o século XX (Biswas, 1997).

1.3 Secas e escassez de água

De acordo com o descrito nos pontos anteriores, a GRH é um domínio vasto de problemas e versa aspectos tão diversos como os de quantidade (balanço entre necessidades e disponibilidades), de qualidade (características adequadas aos usos existentes) e ambientais (constituindo, a água, a base de sustentação do meio natural) (Vivas & Maia, 2007). A temática da escassez de água e secas, sendo um dos principais ramos da GRH, acaba por assumir particular importância, em especial quando são atingidos cenários mais extremos.

Procurando enquadrar as principais bases teóricas necessárias a uma melhor compreensão desta temática, serão apresentados, de forma mais aprofundada, os processos que estão na base da ocorrência e desenvolvimento dos dois tipos de situações. Como ponto de partida são analisados os factores que influenciam o clima e, consequentemente, a distribuição da precipitação e dos climas mais áridos. Em seguida serão devidamente explorados e distinguidos os principais conceitos referentes às situações de escassez de água e às situações de seca, analisada a importância destas problemáticas quer a nível mundial quer ao nível da Europa e será ainda destacada como principais desafios futuros na gestão de situações de seca e escassez, a problemática das Alterações Climáticas. Por fim serão descritas as principais linhas orientadoras na política Europeia de escassez de água e secas, o enquadramento institucional e legal em Portugal no âmbito da gestão de recursos hídricos com especial destaque na gestão de situações de seca e de escassez, bem como a situação em Portugal na avaliação e gestão dos dois tipos de situações.

1.3.1 Conceitos e definições de base

1.3.1.1 Clima global

De forma genérica e simplista pode-se considerar que a verificação de tendências na distribuição espacial da precipitação e a sua concentração temporal em determinadas épocas do ano corresponde a uma característica climática da região em causa. De facto, o conjunto dessas características, ou clima, de um dado local ou região, corresponde à descrição estatística, em termos da média e variabilidade, das variáveis meteorológicas que caracterizam o estado da atmosfera para esse mesmo local ou região, durante um período de tempo, de um mínimo de alguns meses até milhares ou milhões de anos (SIAM II, 2006).

Estas características que poderão ser consideradas aproximadamente constantes ao longo do tempo, para uma dada região[5], são, no fundo, o resultado do balanço energético entre a radiação solar, recebida pela Terra e atmosfera terrestre e a consequente energia emitida por este planeta. De facto, este balanço de energia tem de estar em equilíbrio e, tal como se pode verificar na Figura 1.4, da radiação solar recebida, parte é imediatamente reflectida por partículas existentes na atmosfera terrestre, pelas nuvens e pela própria superfície terrestre, outra parcela

[5] Distingue-se a Meteorologia como sendo o estado destas variáveis numa dada altura, para essa região (Cech, 2005).

é absorvida ao nível da atmosfera, enquanto a maior parte acaba por ser absorvida ao nível da superfície terrestre, contribuindo para o aquecimento da mesma (Dingman, 2002).

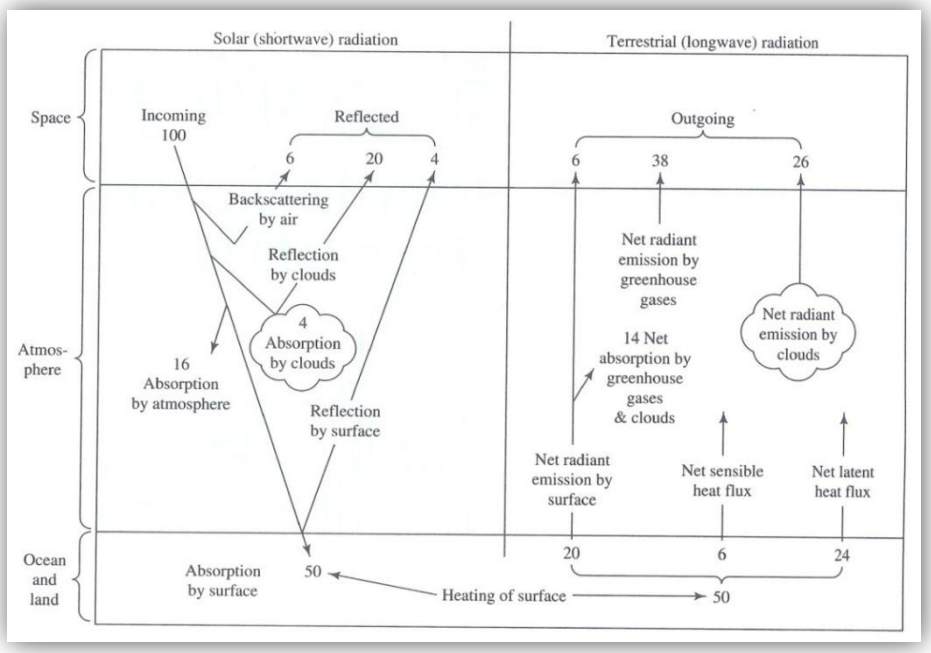


Figura 1.4: Balanço energético global do sistema Terra – Atmosfera (Dingman, 2002)

Além disso, a existência de diferentes estações do ano, fica a dever-se à maior ou menor proximidade ao Sol, bem como à inclinação dos raios solares incidentes, como se pode comprovar na Figura 1.5.

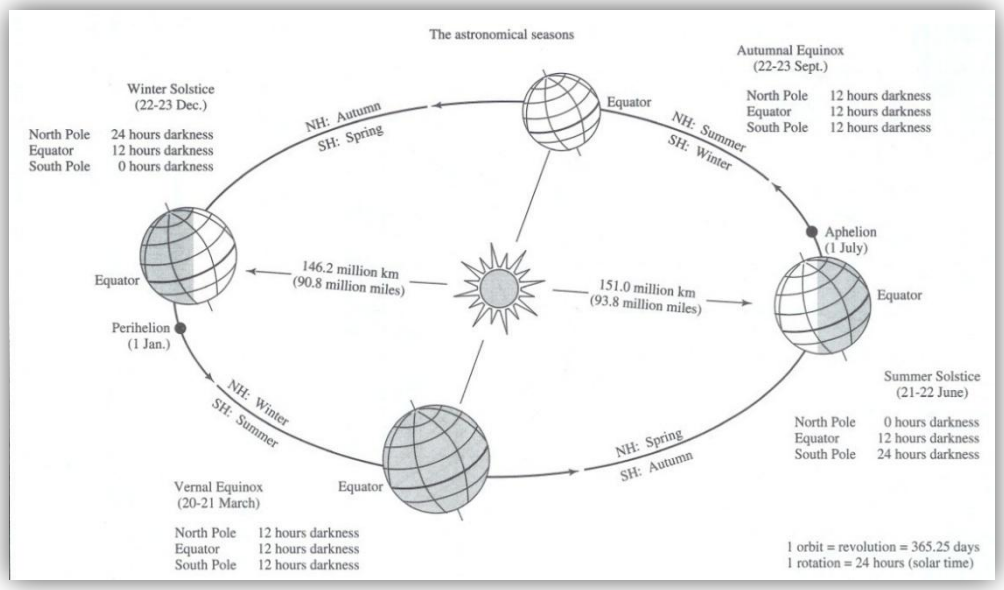


Figura 1.5: Movimento da Terra em torno do Sol, com representação da variação da exposição solar e da distância ao mesmo ao longo do ano (Dingman, 2002)

Devido à forma da Terra, em algumas latitudes e conforme a época do ano, o balanço de energia tenderia a ser positivo, enquanto noutras latitudes resultaria negativo. O equilíbrio em todas as latitudes será, todavia, assegurado pela transferência meridional desses balanços positivos de energia através de correntes de circulação existentes na atmosfera e nos oceanos. Essas transferências irão determinar as características gerais de temperatura e de pressão de uma dada região, reflectindo-se também nas características de precipitação (Dingman, 2002).

Regiões com correntes predominantes de ar ascendente irão ser genericamente caracterizadas por baixas pressões à superfície terrestre, enquanto as zonas de correntes descendentes corresponderão a zonas de altas pressões. Estes gradientes horizontais de pressão à superfície terrestre, conjugados com as forças resultantes do próprio movimento da Terra (forças centrífugas, de Coriolis - devidas à rotação, e de fricção) dão origem aos ventos e à direcção predominante dos mesmos, com uma tendência para o movimento em espiral para o interior, em torno dos centros de baixas pressões e em espiral para o exterior, em torno dos centros de altas pressões. Assim, verifica-se que as regiões onde predominam as correntes de ar ascendente apresentam valores elevados de precipitação média anual, enquanto as localizadas em zonas de correntes de ar predominantemente descendente, por oposição, corresponderão a regiões com baixos níveis de precipitação anual (Singh, 1992; Dingman, 2002).

As correntes oceânicas, por sua vez, irão afectar, e muitas vezes amenizar, as características regionais dos climas, através de transferências de calor. Estas correntes são originadas por diferenças de salinidade e de temperatura das massas oceânicas. Ao sofrerem alterações de orientação por contacto com as plataformas continentais, libertam alguma da energia térmica transportada, afectando o clima das zonas costeiras (Singh, 1992).

Desta forma, no que toca a padrões de precipitação, verifica-se que o transporte para os pólos das massas de ar quente tropicais, ou subtropicais, resulta numa interacção entre massas de ar quente e de ar frio a latitudes mais elevadas, levando a uma maior precipitação nessas zonas. Por outro lado, as tempestades ciclónicas, que se formam ao longo das fronteiras entre as massas de ar quente e ar frio, tendem a causar precipitação do tipo ciclónica em regiões mais temperadas. A maioria dos restantes eventos de precipitação é provocada por tempestades locais segundo padrões irregulares, resultantes de uma instabilidade vertical devida a variações de temperatura relevantes. A distribuição irregular da precipitação pelo globo terrestre dá azo a que, em algumas regiões, os volumes precipitados sejam permanentemente reduzidos e bastante inferiores à média mundial, surgindo o conceito de aridez para a identificação deste tipo de situações (Singh, 1992).

Köppen (1918) introduziu uma classificação climática segundo a qual distinguia, com uma letra específica, os principais tipos de clima atendendo aos ciclos anuais de temperatura e de precipitação. Segundo essa classificação, cuja versão actualizada é reproduzida na Figura 1.6, os principais climas mundiais podem ser classificados como: A -Climas tropicais húmidos; B - Climas secos e áridos; C - Climas temperados; D - Climas frios e E - Climas polares.

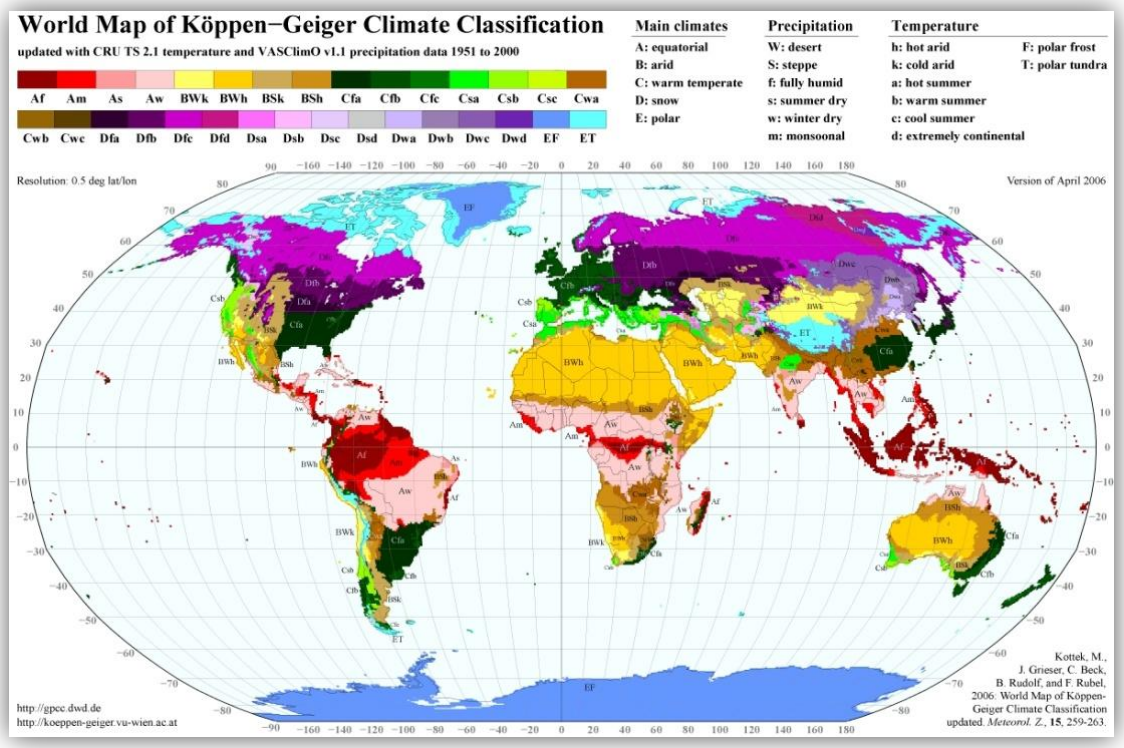


Figura 1.6: Classificação climática mundial de Köppen-Geiger (Kottek *et al*, 2006)

Além da classificação segundo os principais tipos de clima (primeira letra) são ainda identificados as principais características em relação à precipitação (segunda letra) e à temperatura (terceira letra). A variação destas últimas características (precipitação e temperatura) permitirá distinguir os designados climas marginais, de transição entre os diferentes tipos de clima principais. Assim, segundo esta classificação é possível verificar que Portugal Continental é classificado como tendo um clima Csa, isto é, temperado, com uma época estival quente e húmida[6].

1.3.1.2 Aridez

Segundo Kalma & Franks (2003) é considerado que a aridez se verifica em regiões com níveis reduzidos de precipitação anual e elevada evapotranspiração potencial, correspondendo, portanto, a regiões com clima mais seco. Os mesmos autores apresentam uma distribuição espacial dessas regiões (Figura 1.7), sendo as áreas áridas representadas a preto e as áreas semiáridas a tracejado, a partir de uma avaliação de Landsberg & Schloemer (1967), e que se demonstra concordante com a classificação de Köppen (Figura 1.6).

[6] A presente descrição da classificação climática de *Köppen* pretende apenas ser exemplificativa do tipo de características climáticas e de classificações existentes para as diferentes regiões do mundo. Por esse motivo é identificada, a título de exemplo, a classificação climática genérica para o território de Portugal Continental, não se pretendendo todavia, caracterizar, por esta via, o clima da região em estudo (Guadiana).

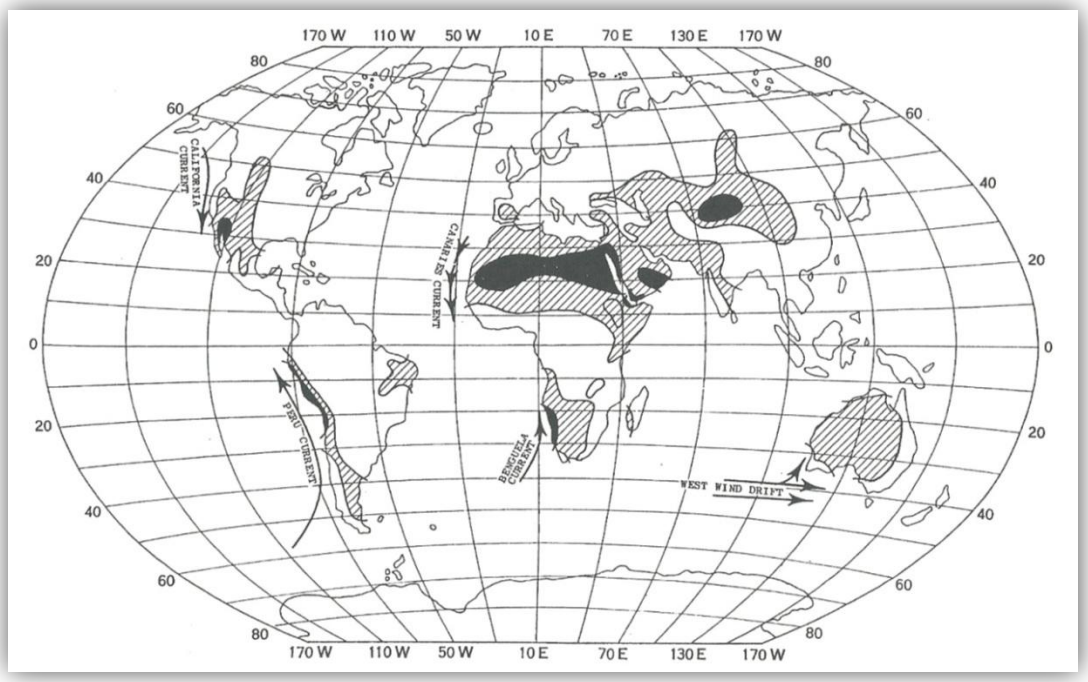


Figura 1.7: Distribuição mundial dos climas mais secos (Kalma & Franks, 2003)

Na Figura 1.7 é possível observar que existe um certo paralelismo na localização latitudinal das zonas mais áridas (entre os 10º e os 45º, em ambos os hemisférios). De facto, tal resulta de existir, a cerca de 30º de latitude, em ambos os hemisférios, uma espécie de faixa onde persistem, de forma quase permanente, núcleos de altas pressões provocando a subsidência das massas de ar e criando uma estável circulação de massas de ar seco, limitando, consideravelmente, o volume de precipitação que ocorre nessas zonas. Ainda em relação à Figura 1.7 é possível concluir que a parte Sul da Península Ibérica apresenta características típicas de um clima semiárido.

De facto, por análise da Figura 1.8, pode confirmar-se que as depressões (ou núcleos de baixa pressão, onde se criam correntes de circulação ascendentes) estão predominantemente localizadas no equador e, em latitudes mais elevadas, enquanto as zonas de alta pressão (onde se localizam as correntes de circulação descendentes) estão maioritariamente localizadas por volta dos 30º de latitude, coincidentes com a localização dos principais desertos mundiais.

Verifica-se ainda que a orografia do terreno e a existência de massas de água importantes são factores determinantes para a ocorrência de precipitação, uma vez que a distribuição global de precipitação demonstra, genericamente, os efeitos da interacção mar-terra, da continentalidade e do efeito de barreira provocado por montanhas (Singh, 1992).

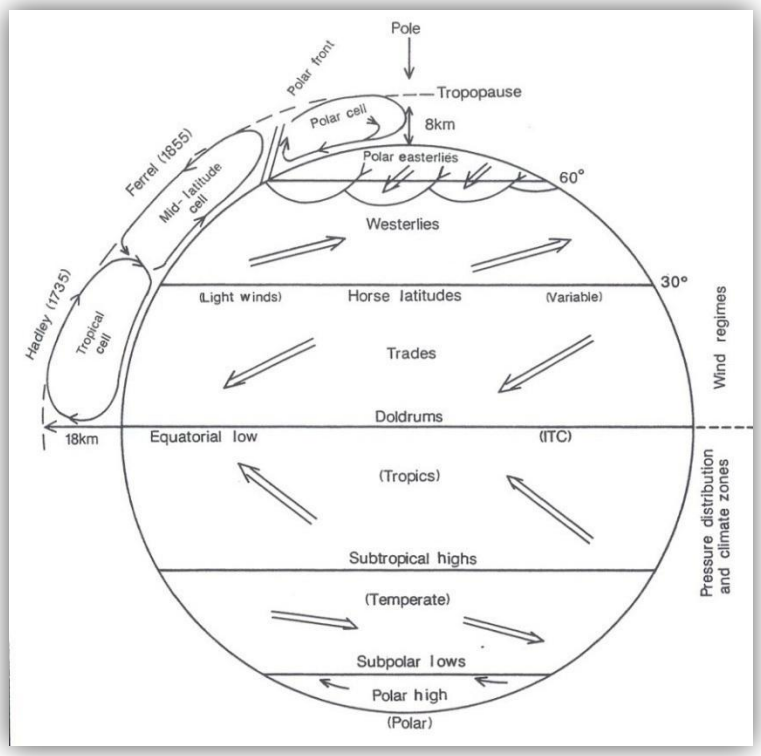


Figura 1.8: Correntes de circulação típicas no Hemisfério Norte (Singh, 1992)

Porém, embora se possa verificar que cerca de 1/3 da superfície continental mundial apresenta características áridas ou semiáridas, não existe uma quantificação universalmente aceite para a classificação de aridez. A grande maioria das classificações foi desenvolvida a partir de dados climatológicos e algumas correspondem ao simples rácio entre o valor médio de precipitação anual e a estimativa de evapotranspiração potencial (Simmers, 2003).

De forma geral, estas regiões apresentam características hidrológicas bastante distintas das regiões mais húmidas, verificando-se (Simmers, 2003):

- níveis elevados de radiação solar incidente;
- elevada variação diurna e sazonal das temperaturas;
- preponderância da evaporação no ciclo hidrológico da região;
- precipitação esporádica e com elevada variabilidade temporal e espacial;
- perdas significativas por infiltração;
- variações relevantes na humidade do solo e acumulação de água subterrânea;
- escoamento resultante de pequena parcela da precipitação incidente;
- inexistência de escoamento base ou de grandeza muito inferior aos caudais de ponta.

1.3.1.3 Secas

Definição

Apesar de existirem algumas divergências na definição de uma situação de seca, ao nível da União Europeia é considerado que (DG Env EC, 2006, 2007 & 2007a):

- É um fenómeno natural que representa uma característica normal e recorrente do clima de uma dada região;
- Corresponde a uma anomalia transitória das condições de precipitação, resultado da sua variabilidade natural em torno da média;
- Virtualmente é passível de ocorrer em qualquer região e tipo de clima, embora as suas características sejam bastante variáveis de região para região;
- Distingue-se de outros fenómenos meteorológicos pelo seu lento desenvolvimento, pela sua duração prolongada e pela diferença espacial entre as áreas onde ocorre o défice de precipitação e a região onde são sentidos os principais impactos;
- Distingue-se da aridez por se tratar de uma redução temporária das disponibilidades de uma dada região (característica não permanente);
- Distingue-se também da escassez de água pelo facto de os eventuais desequilíbrios entre disponibilidades e necessidades, serem devidos a uma redução transitória das disponibilidades naturais de uma dada região;
- Os seus impactos podem resultar exacerbados no caso de a região afectada apresentar problemas na satisfação das necessidades existentes, de carácter permanente (seja em zonas áridas, seja em zonas com características de escassez).

Intensidade, duração e área afectada

Devido às especificidades deste fenómeno, uma dada situação de seca é habitualmente caracterizada segundo 3 dimensões distintas, nomeadamente: duração, intensidade e área afectada (Tsakiris *et al*, 2007). De facto, tomando como exemplo a Figura 1.9, a definição quantitativa de uma situação de seca é definida por um limiar pré-estipulado (Xo) de uma dada variável (X) considerada para análise[7] (tipicamente dados de precipitação), a **duração** irá corresponder ao período de tempo em que essa variável se encontra abaixo do limiar definido (Di). A **intensidade ou magnitude**, por sua vez, irá corresponder ao rácio entre o desvio acumulado e a duração, sendo o desvio acumulado o somatório das diferenças entre o valor limite considerado e o valor da variável analisada (somatório das áreas Ai). A **área afectada** será traduzida pela avaliação da extensão espacial em que os valores da variável em análise se encontram abaixo do valor limite considerado.

[7] Aspecto a analisar com mais detalhe nos pontos 2.2.3 e 4.2.

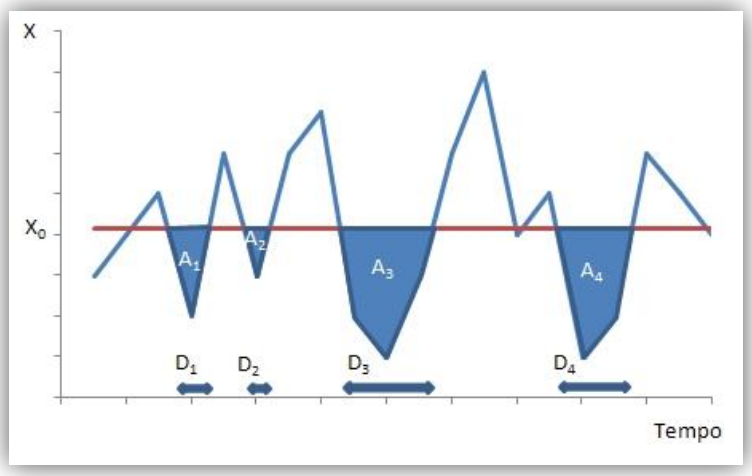


Figura 1.9: Avaliação quantitativa de uma situação de seca, sendo X a variável de medida, X_0 o valor limite definido, $D_{1, 2, 3 e 4}$ duração das secas 1, 2, 3 e 4 respectivamente, e $A_{1, 2, 3 e 4}$ os respectivos desvios acumulados face ao valor limite X_0.

Fases sequenciais de evolução de uma situação de seca

Genericamente, face ao exposto, poderá afirmar-se que uma seca é entendida como um fenómeno natural, com origem numa anomalia transitória das condições de precipitação para uma dada área e que se verifica durante um período de tempo suficientemente longo para provocar uma afectação das disponibilidades naturais dessa região.

Porém, existem diversas definições operacionais que são, habitualmente, consideradas para mais fácil identificação do início e fim deste tipo de eventos, bem como do grau de severidade e tipo de impactos decorrentes do mesmo. Assim poderá ser considerada uma classificação segundo diferentes fases ou estádios de evolução do fenómeno, tal como é traduzido pela Figura 1.10 (adaptação de Wilhite & Buchanan-Smith, 2005).

De facto, durante uma situação de seca verifica-se uma afectação do ciclo hidrológico, causada por uma redução da precipitação. A essa redução podem estar associadas condições de temperatura, de velocidade do vento e de radiação elevadas, aumentando os níveis de evaporação e transpiração. Esta fase inicial, designada por **seca meteorológica**, corresponde à fase condicionante da magnitude, duração e afectação espacial de uma situação de seca. De acordo com a evolução ou manutenção desse *deficit* de precipitação, verifica-se também uma correspondente evolução na complexidade e importância dos impactos resultantes.

Decorrente desse *deficit* de precipitação verifica-se uma consequente redução das condições de humidade do solo o que afectará a vegetação existente e as culturas agrícolas, em especial as não regadas e dependentes da água acumulada no solo. Esta fase é habitualmente designada por **seca agrícola** mas, uma vez que se refere principalmente às culturas agrícolas não regadas, será mais correcto considerar esta fase como **seca ao nível do solo.**



Figura 1.10: Evolução dos impactos de seca de acordo com a duração do evento (adaptado de Wilhite & Buchanan-Smith, 2005)

A sequência de impactos no ciclo hidrológico da região afectada desenrola-se com a redução dos níveis de escoamento superficial e da recarga das águas subterrâneas devida ao défice de água infiltrada nos solos. Esta fase, designada por **seca hidrológica,** corresponde à fase em que os impactos se tornam mais visíveis, havendo um natural desfasamento, face à diminuição inicial das condições de precipitação.

Por fim, mantendo-se o défice de precipitação, a situação de seca acabará por levar a que as reservas de água existentes (tanto ao nível superficial como subterrâneo) não sejam suficientes para manter as principais utilizações associadas, levando aos impactos mais importantes ao nível socioeconómico. Por essa razão, esta fase é habitualmente designada por **seca socioeconómica**, podendo também ser designada por **seca operativa**, uma vez que, nesta altura, é directamente afectada a gestão operacional das origens de água para as diferentes utilizações e torna-se necessário aplicar medidas específicas de racionalização dos parcos recursos existentes, de acordo com o grau de importância daquelas.

Causas

Uma situação de seca é habitualmente resultante de uma anormal persistência, numa dada região, de núcleos de alta pressão (anticiclones). Esses núcleos levam a uma redução das condições de humidade, devido à subsidência do ar que afasta as massas de ar húmidas, eventualmente existentes na atmosfera, e pode, ainda, conduzir a uma maior radiação solar sobre o solo, aumentando também a evaporação (Hayes *et al,* 2005).

De facto, segundo Barry & Chorley (1992), as regiões com climas marginais entre diferentes classificações de Köppen (nomeadamente entre climas temperados e climas secos, ou entre climas tropicais e climas secos – ver Figura 1.6) são mais propensas à ocorrência de situações de seca. Em algumas alturas do ano, estas regiões estão sob influência dos anticiclones da faixa de altas pressões subtropical e, noutras alturas do ano, sob influência da circulação das zonas tropicais ou de latitude média. Assim, localizados anormalmente para Norte, os anticiclones subtropicais podem evitar o transporte das chuvas típicas de Inverno pelos ciclones Atlânticos (depressões) para os países do Sul da Europa, podendo dar origem a uma situação de seca. Esta acção de bloqueio, que acaba por ser a principal causa de situações de seca na Europa e na América do Norte, pode levar a que os núcleos de altas pressões se desenvolvam e persistam numa extensa área e que se movam para oeste muito lentamente ou não se movam de todo, divergindo todo o tipo de rotas de tempestade para latitudes superiores ou inferiores (Stahl & Hisdal, 2004).

1.3.1.4 Escassez de água

Definição

A escassez de água é entendida como uma problemática distinta das secas, correspondendo a uma utilização excessiva da água face às disponibilidades naturais existentes. De facto, a nível Europeu (DG Env EC, 2007), é considerado que a escassez de água "*ocorre onde os recursos hídricos são insuficientes para satisfazer as necessidades de longo prazo*". É ainda indicado que se refere a "*desequilíbrios de longo termo, combinando um baixo nível de disponibilidades com um nível de necessidades excedendo a capacidade de abastecimento dos sistemas naturais*".

Segundo esta consideração, as principais situações de escassez podem verificar-se em regiões com recursos hídricos bastante limitados e/ou onde existam utilizações da água elevadas, fruto de uma elevada densidade populacional, e/ou actividades agrícolas ou industriais intensas. Convém notar, todavia, que não existe uma definição universalmente aceite para a escassez. Ainda assim, a avaliação desta problemática deverá atender a três componentes essenciais (tendo em vista a sustentabilidade de utilização dos recursos hídricos): (i) as necessidades existentes, (ii) a fracção de água que pode ser mobilizada e (iii) as escalas temporal e espacial consideradas (Vivas & Maia, 2008).

Causas

A escassez pode ocorrer em zonas áridas densamente povoadas, como é o caso da Ásia Central e Oeste, ou do Norte de África, constituindo um factor crítico para um considerável leque de problemas globais emergentes, desde a saúde pública, má nutrição e pobreza, à

sustentabilidade dos recursos naturais (WWAP, 2003). Não obstante, a maioria dos países tem disponibilidades suficientes para satisfazer globalmente as suas necessidades a nível urbano, industrial e agrícola e também para os principais ecossistemas. Ainda assim, o desequilíbrio disponibilidades/ utilizações está muitas vezes relacionado com uma gestão não cuidada destas necessidades e até mesmo com a aplicação de políticas económicas, agrícolas, de ordenamento ou inclusive de gestão de recursos hídricos, desadequadas aos recursos existentes e que acabam por agravar/ fomentar esse desequilíbrio (Louka, 2008).

Por outro lado, alterações nas disponibilidades naturais, como as previsíveis segundo diversos cenários de Alterações Climáticas[8], nomeadamente na distribuição espacial e temporal da precipitação, poderão trazer problemas de escassez a regiões que anteriormente apresentavam disponibilidades suficientes para a satisfação das necessidades (IPCC, 2007).

Refira-se, ainda, que situações de seca frequentes e prolongadas poderão levar à sobreexploração dos recursos hídricos de uma dada região (em especial no que diz respeito ao armazenamento de águas subterrâneas), podendo despoletar novas situações de escassez ou agravar situações já existentes (EEA, 2009). Além disso, problemas graves de poluição nos recursos de água doce poderão reduzir consideravelmente o volume de água disponível para as diferentes utilizações (DG Env EC, 2007).

1.3.2 Importância das secas e escassez de água

1.3.2.1 No contexto Mundial

As secas são um fenómeno natural que ocorre à escala global, afectando todas as regiões do mundo. Não obstante, podem ocorrer com maior frequência, maior intensidade ou, com efeitos mais gravosos em algumas regiões. Face à grandeza e importância dos efeitos das secas, estas deverão ser encaradas como um fenómeno natural que pode assumir características extremas e tornar-se um desastre natural se não existirem capacidades de gestão que consigam fazer face aos mesmos (Wilhite & Buchanan-Smith, 2005). Uma vez que a população mundial continua a aumentar, os efeitos das situações de seca serão cada vez mais nefastos. Desde o início do século XX até 2004, as secas afectaram quase 1.900 milhões de pessoas em todo o mundo, sendo, logo a seguir às cheias, o segundo fenómeno extremo, de origem natural, mais importante em termo de pessoas afectadas. Tal pode ser comprovado na Tabela 1.1, resultado de um estudo recente na contabilização histórica de situações de seca e dos seus impactos (Below *et al,* 2007).

[88] Ponto a analisar em mais detalhe no ponto 1.3.4.

Tabela 1.1: Perdas humanas e materiais, a nível mundial, resultantes dos principais fenómenos extremos, de origem natural, ocorridos entre 1900 e 2004 (Below *et al*, 2007).

Fenómenos extremos	Nº mortes	População afectada	Perdas económicas (milhares de US$)
Secas	11.992.785	1.873.947.567	78.867.366
Sismos	1.879.988	99.779.124	310.468.431
Vagas de calor	74	11.400.807	27.756.259.
Cheias	6.886.601	2.794.994.636	333.909.131
Deslizamento de terras	55	10.524.197	4.843.029
Actividade vulcânica	96	3.861.379	3.808.546
Maremoto	241	2.496.646	7.762.077
Incêndios florestais	3	4.032.678	34.674.101
Tornados	1.198.740	629.751.369	348.105.895
Total	**21.958.582**	**5.430.788.403**	**1.150.194.835**

Ainda segundo o mesmo estudo (Below *et al*, 2007) e reportando-se às perdas quantificadas na Tabela 1.1, é apontado que o maior número de mortes devido às situações de seca ocorre no continente Asiático e Médio Oriente. No entanto, nas perdas económicas devidas à seca, verifica-se que a parcela referente à Europa corresponde a 23% do total mundial.

Por outro lado, no que toca à escassez de água é mais difícil encontrar uma quantificação globalmente aceite, uma vez que, tal como referido anteriormente, é necessário atender, às disponibilidades existentes numa região, às principais utilizações e ainda à capacidade institucional e infra-estrutural dessa área para a disponibilização daqueles recursos. Além disso, os resultados serão dependentes das escalas espacial e temporal da avaliação consideradas, podendo, a escala macro, encobrir situações problemáticas a nível regional ou local, só identificáveis com uma análise espacial mais detalhada (Vivas & Maia, 2008). Não obstante, como avaliação preliminar, poderá ser considerada a distribuição dos recursos de água doce pelos principais continentes e idêntica distribuição da população mundial, (Figura 1.11).

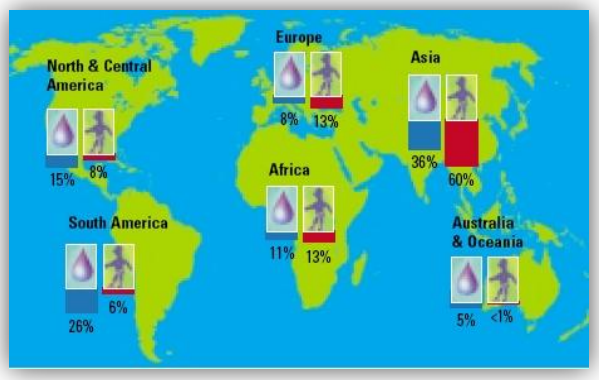


Figura 1.11: Distribuição dos recursos de água doce e da população a nível mundial (WWAP, 2003)

De facto, segundo esta avaliação o desequilíbrio mais importante verifica-se no continente Asiático onde, apesar de residir mais de metade da população mundial, existem menos de 40 % dos recursos de água doce do planeta. De forma menos significativa, África e o

próprio continente Europeu, constituem também zonas de potencial desequilíbrio. No entanto, devido às características diferenciadas destes continentes, verifica-se que, na Europa, os eventuais problemas de escassez resultam de uma intensificação de utilizações, face aos recursos existentes, pela elevada densidade populacional. Por outro lado, em África, pela sua área bastante mais vasta e pela distribuição espacial mais heterogénea desses recursos hídricos, são potenciadas situações de desertificação e de concentração nos principais centros urbanos (WWAP, 2003).

1.3.2.2 No contexto Europeu

O fenómeno das secas assume uma maior importância em locais onde a utilização da água é mais intensiva, como é o caso dos países Europeus, onde este tipo de situações tem provocado impactos consideráveis (DG Env EC, 2007).

Ao nível da UE, este tipo de fenómenos surge destacado com uma das principais preocupações ao nível das políticas de GRH, tendo, inclusive, dado origem a um grupo de trabalho específico para avaliação da importância, efeitos e possíveis desenvolvimentos na capacidade de mitigação e prevenção dos efeitos decorrentes de situações de seca e escassez de água no seio da União Europeia (DG Env EC, 2006). Assim, segundo os dados de uma avaliação efectuada por este grupo de trabalho (DG Env EC, 2007) verifica-se a ocorrência de situações de seca de forma regular, na Europa, nos últimos 30 anos, tendo os eventos mais severos afectado mais de 800.000 km^2 (37% do território Europeu) e cerca de 100 milhões de habitantes (1/5 da população Europeia), Figuras 1.12 e 1.13, respectivamente.

Nesse mesmo estudo (DG Env EC, 2007) verifica-se a ocorrência de situações de seca na grande maioria dos países da UE (incluindo nos países nórdicos), embora os países mais regularmente afectados sejam Itália, Portugal, Chipre, Espanha e França.

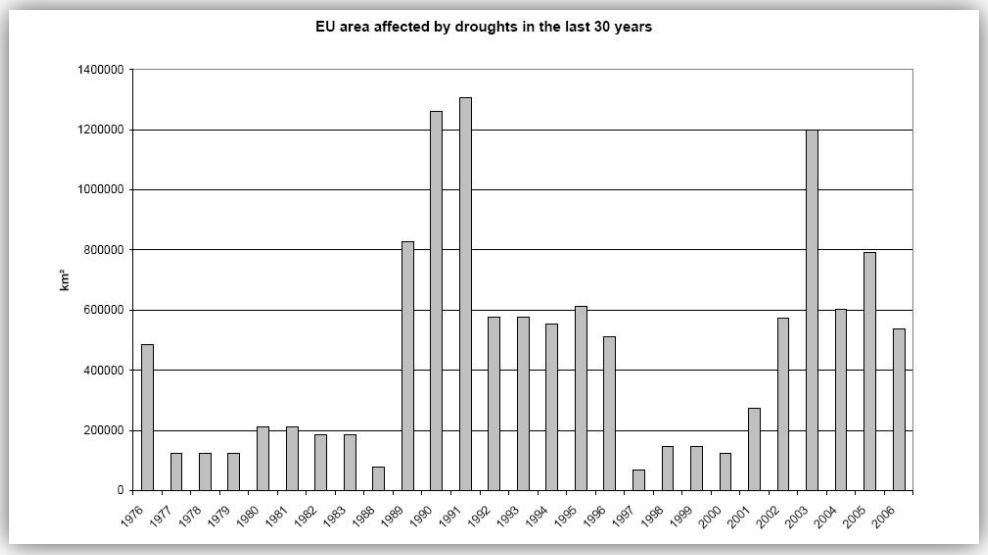


Figura 1.12: Área da UE afectada por secas nos últimos 30 anos (DG Env EC, 2007).

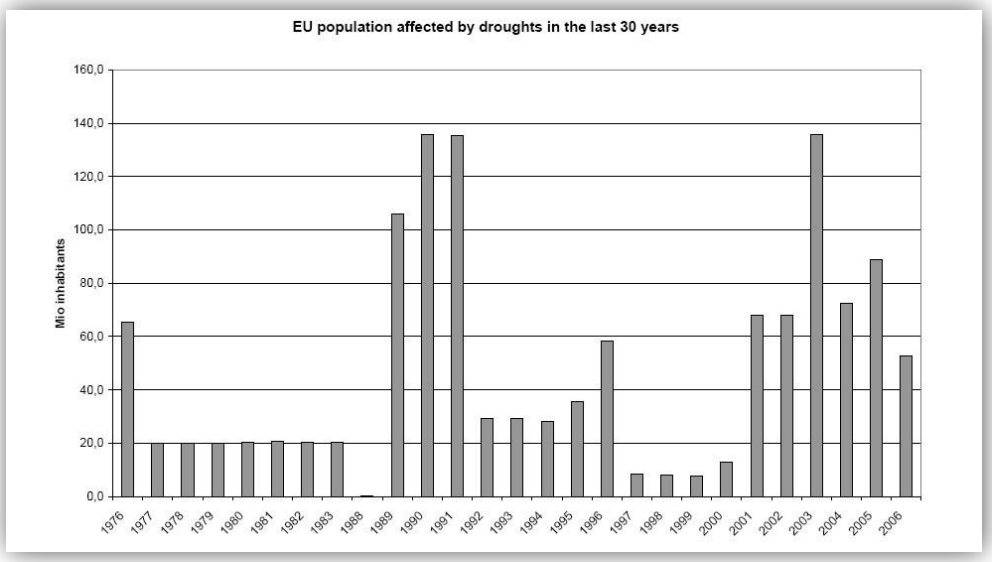


Figura 1.13: População da UE afectada por secas nos últimos 30 anos (DG Env EC, 2007).

Dependendo das características dos principais sectores utilizadores de cada Estado-Membro, os impactos de seca na UE podem significar:

- Dificuldades no abastecimento público (necessidade de redução de consumos e até abastecimento de populações por autotanque);
- Prejuízos ao nível da indústria e agricultura;
- Diminuição na produção de energia;
- Distúrbios em matéria de navegação e transporte.

Quanto ao impacto global médio das secas ao nível da UE, em termos de área e população afectada, verifica-se que, entre 1991 e 2006, este foi o dobro do correspondente ao período homólogo de 1976 a 1990 e que as estimativas de perdas económicas globais, nestes últimos 30 anos, foram de cerca de 100 mil milhões de euros (DG Env EC, 2007).

De forma análoga, segundo este mesmo estudo (DG Env EC, 2007), levado a cabo com base na informação fornecida pelos diversos Estados-Membros, cerca de 30 bacias hidrográficas Europeias são afectadas por escassez de água, correspondendo a 418.600 km^2 (11% do território Europeu) e mais de 76 milhões de habitantes (17% da população europeia). Na Figura 1.14 são identificados os países com potenciais problemas de escassez, avaliados segundo o grau de exploração dos seus recursos hídricos. Para isso é efectuada uma avaliação percentual das utilizações anuais, por comparação com as disponibilidades médias de longo prazo de volumes de água doce (*Water Exploitation Index* – WEI)[9].

[9] Ver mais informações sobre este índice no ponto 2.3.1.

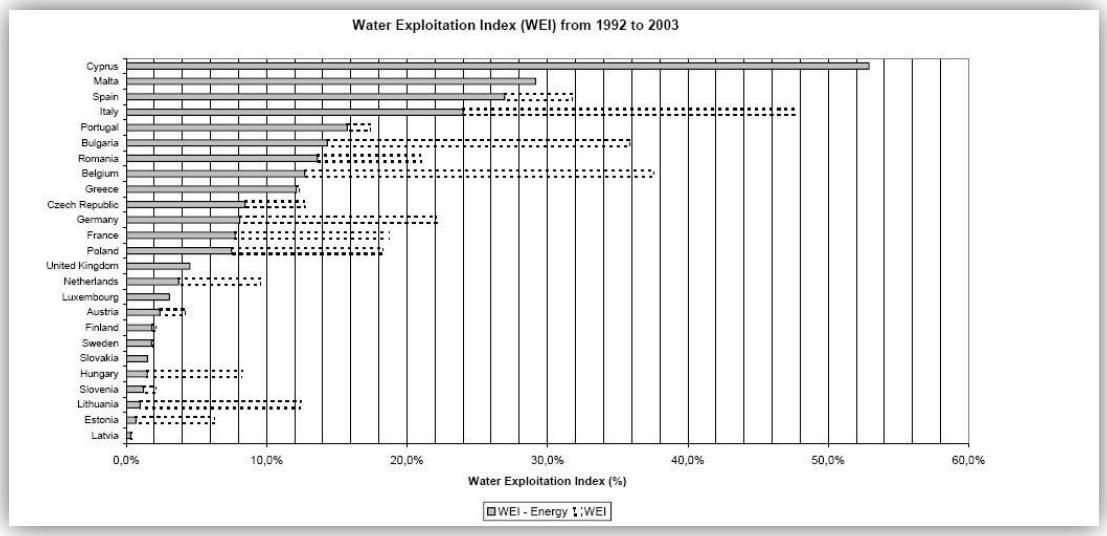


Figura 1.14: Índice de exploração dos recursos hídricos dos países da UE (DG Env EC, 2007)

Em termos gerais, é possível verificar que os 5 países com maior índice de exploração dos seus recursos hídricos são, por ordem decrescente, Chipre, Malta, Espanha, Itália e Portugal, com índices de exploração que variam entre os mais de 52% (Chipre) e os 16% (Portugal). No entanto, caso sejam contabilizados os volumes de água necessários para a produção de energia (a traço interrompido), Portugal passa a ocupar o 11º lugar deste ranking, ainda assim com quase 18% das suas disponibilidades médias anuais a serem consumidas pelas diferentes utilizações (DG Env EC, 2007). No que toca ao impacto global deste fenómeno é referida a considerável falta de informação, ao nível da UE, nesta matéria, sendo difícil efectuar uma estimativa integradora dos custos globais (DG Env EC, 2007).

1.3.3 Impactos de seca e de escassez

Como descrito nos pontos anteriores as situações de seca são um fenómeno de origem natural, resultante da variabilidade climática. Porém, os impactos decorrentes de uma situação de seca são o resultado de uma interacção entre a componente natural (anomalia das condições de precipitação) e as utilizações humanas dependentes da água e de outros recursos naturais (Wilhite *et al*, 2007). Não obstante, estes impactos não são similares aos de outros desastres de origem natural, uma vez que a sua ocorrência não pode ser delimitada a uma área geográfica confinada. De facto, como a causa de uma situação de seca é de origem climática, a ocorrência, localização e intensidade dos impactos subsequentes depende das características da região em causa (p.e. a afectação de uma pequena área onde estão localizadas as principais origens de água para abastecimento de uma região mais vasta) (Vivas *et al*, 2010). Por outro lado, devido ao desenvolvimento lento das situações de seca, os seus efeitos são cumulativos e de difícil percepção, sendo comum que, uma vez detectada a ocorrência desses efeitos seja praticamente nula a hipótese de mitigação dos mesmos (Wilhite & Buchanan-Smith, 2005). Outro factor que dificulta a análise dos impactos de seca está relacionado com a sua variabilidade no espaço e no tempo, uma vez que cada região ou bacia hidrográfica apresenta características únicas, quer

fisiográficas, quer sociais e de actividades humanas (utilizações, infra-estruturas, organização social e política, etc.) (Wilhite *et al*, 2007).

Além disso, as avaliações de impactos de seca existentes são muitas vezes efectuadas de uma forma *ad hoc,* para cada evento específico (Ding *et al,* 2010), e documentadas apenas na designada "literatura cinzenta"[10] (Matalas, 1991). Apesar de os impactos serem habitualmente categorizados em económicos, ambientais e sociais (Hayes *et al*, 2004), é importante destacar que, transversalmente a qualquer dos casos, as secas não só originam impactos do tipo directo, como por exemplo a redução na produção de culturas agrícolas, ou a imposição de restrições ao abastecimento doméstico, mas também impactos indirectos, de ordem superior ou intangíveis, como a afectação da actividade económica dos agricultores e de outros sectores, podendo levar à redução da oferta de emprego e à geração de conflitos entre diferentes grupos económicos, etc. (Wilhite *et al*, 2007). Por isso, apesar da relevância dos números obtidos nas avaliações de impactos de seca, em muitas situações é admitida a não consideração de impactos de difícil quantificação (indirectos), que, a serem contabilizados, poderiam aumentar significativamente a importância global dos efeitos de seca (Wilhite *et al*, 2007; Kraemer, 2007; Ding *et al,* 2010).

Descritas as principais limitações às avaliações de impactos de seca, apresenta-se uma breve sistematização dos impactos de seca mais significativos e, também, mais comuns, segundo a afectação de diferentes sectores utilizadores, não obstante poderem ser consideravelmente diferentes, de acordo com a severidade e duração da situação de seca, bem como das utilizações presentes na região afectada.

Em primeiro lugar, a redução das condições de precipitação leva, quase no imediato, à redução dos níveis de humidade no solo, o que limita a actividade microbiológica existente nas raízes das plantas. Com níveis reduzidos de água, as plantas vêem-se sujeitas a condições de *stress* hídrico, sendo o seu desenvolvimento mais lento, ficando mais susceptíveis a doenças e pestes, ou a perdas por incêndios (Kraemer, 2007). Nas espécies animais, por sua vez, os efeitos de seca podem ser bastante variados dependendo se são directa ou indirectamente afectados por situações de seca (por exemplo pela redução de alimento). De qualquer forma, estes impactos deverão ser considerados naturais, uma vez que aconteceriam mesmo sem influência humana, sendo reduzido o sentido da sua compensação ou mitigação. Não obstante, a influência das actividades humanas (sob diferentes formas, incluindo a poluição) levou à alteração de vários ecossistemas naturais, aumentando a exposição e vulnerabilidade a fenómenos extremos como as situações de seca. As zonas húmidas dependentes dos cursos de água superficial ou dos níveis de água subterrânea são um bom exemplo, uma vez que são especialmente afectadas pelo aumento das utilizações de água para as actividades humanas. Assim, embora possam, em parte, ser considerados impactos naturais, estes serão especialmente agravados pelas actividades humanas em situação de seca (Kraemer, 2007).

No sector agrícola, os impactos são bastante dependentes dos padrões culturais existentes, da fase do ciclo cultural em que a situação de seca ocorre, e da disponibilidade de água para compensação da falta de humidade no solo, no caso da agricultura de regadio. Como tal, pode ser expectável uma redução generalizada da produtividade das culturas, bem como um

[10] Documentação produzida sem revisão científica tais como relatórios técnicos, *papers* não publicados, etc. (http://www.lib.utexas.edu/chem/info/gray.html)

custo mais elevado de produção, incluindo custos adicionais para captação e rega, no caso de culturas de regadio (Pereira, 2007; Kraemer, 2007). Por outro lado, as culturas permanentes podem também ser consideravelmente afectadas, ficando mais susceptíveis a eventuais doenças e pestes e, na pecuária, pode ser necessário recorrer a alimento adicional, sob a forma de ração, cujo preço tende a aumentar em situações de seca (Kraemer, 2007).

No caso do abastecimento público, não obstante a sua prioridade legal[11], face a outras utilizações, poderão ser verificadas interrupções no abastecimento, por limitação das origens, restrições ao uso de água (rega de jardins, etc.), redução da procura (por aumento do preço da água), ou mesmo competição entre sectores utilizadores por direitos de utilização da água. Por outro lado, poderão existir custos adicionais para garantia do abastecimento a partir de novas origens ou por necessidade de reforço dos níveis de tratamento de água (Kraemer, 2007).

No sector da produção de energia os principais problemas destacados em situações de seca são: (i) aumento das necessidades energéticas (*e.g.* devido ao aumento do bombeamento de água, a partir de origens de água subterrâneas), (ii) redução das disponibilidades de água para produção hidroeléctrica de energia (aumentando o custo de produção da mesma, pela necessidade de recurso a outras fontes de produção de energia, tais como os combustíveis fósseis), e (iii) redução dos níveis de escoamento das principais linhas de água, limitando a capacidade de refrigeração de centrais térmicas ou nucleares (Kraemer, 2007).

Na indústria apenas alguns subsectores são mais susceptíveis de serem afectados por situações de seca, uma vez que os factores de produção podem não ser directamente dependentes do consumo de água. Por essa razão, as indústrias mais afectadas são, habitualmente, as agro-alimentares (por redução de matéria-prima e/ ou aumento do custo associado à mesma), bem como as de produção de pasta de papel, devido ao desenvolvimento mais lento das florestas e maior susceptibilidade aos incêndios (Kraemer, 2007).

No sector do turismo e das actividades recreativas, por sua vez, as perdas poderão ser muito dependentes do tipo de turismo em causa, bem como do *timing* em que se verifica a ocorrência da situação de seca. Não obstante, no caso do turismo de verão, os principais empreendimentos podem ser afectados por cortes no abastecimento, em especial para o enchimento de piscinas, ou para rega de campos de golfe (Kraemer, 2007).

Embora de mais difícil identificação e análise, os impactos de índole social deverão, ainda assim, ser tidos em conta. Sendo difícil atribuir a situação de seca como causa única, este tipo de impactos é, essencialmente, do tipo intangível, estando relacionados com a afectação do funcionamento e interacção de diferentes grupos na sociedade, mas também, ao nível individual, da saúde física e mental de cada um (Alston & Kent, 2004). São originados por um conjunto de factores representativos da chamada vulnerabilidade social (Cutter & Finch, 2008; Iglesias *et al*, 2009), entendida como a capacidade de um determinado grupo antecipar, gerir, resistir e recuperar do impacto de seca. Embora as secas possam levar, em situações extremas, à perda de vidas humanas ou a fortes limitações na disponibilidade de alimentos, típico de regiões com sérias deficiências sociais e estruturais, como, por exemplo, em alguns países do continente africano (UNISDR, 2002), no caso da Europa, os impactos sociais mais comuns são o declínio

[11] Ver ponto 1.5.1.

da população rural, a diminuição da oferta de emprego ou a redução da coesão social, agravada pela geração ou intensificação de conflitos (entre os diferentes sectores utilizadores de água e entre os utilizadores e as entidades responsáveis pela gestão da água) (Wilhite & Buchanan-Smith, 2005). Por outro lado, ao nível da saúde pública, os impactos de seca poderão fomentar, também em situações extremas, a difusão de doenças infecciosas tais como cólera ou diarreias, fruto da degradação da qualidade da água por redução dos volumes de diluição das substâncias poluidoras. A nível Europeu, os problemas de saúde mais comuns prendem-se com depressões ou ansiedade, resultado do *stress* contínuo e da sensação de incerteza associados a situações de seca (Alston & Kent, 2004; Wilhite & Buchanan-Smith, 2005; Sartore *et al*, 2007).

No que toca ao problema da escassez, a identificação de impactos é mais complicada do que a descrita para as situações de seca, fruto de uma clara falta de informação e de sistematização nesta matéria. Tal surge evidenciado nos relatórios de avaliação levados a cabo na UE (DG Env EC, 2006 e 2007), inclusive na própria definição de custos associados a este tipo de situações, com uma distinção pouco óbvia entre o investimento para realização de infra-estruturas básicas e de aproveitamento dos recursos existentes, e os custos de medidas para minimização de problemas de escassez. Tal poderá resultar de estas situações apenas se tornarem evidentes num período de tempo bastante alargado, sendo adoptadas medidas estruturais relevantes, ao longo do tempo, que evitam a ocorrência de falhas. De facto, são apontados como impactos representativos de escassez (DG Env EC, 2006; 2007; EEA, 2009a):

(i) Ao nível económico:

- No sector do turismo, relacionados com situações em que o abastecimento nos sistemas públicos é deficiente;
- Na produção de energia, por redução da parcela de energia produzida através dos aproveitamentos hidroeléctricos,
- Na agricultura devido a uma maior incerteza nas produções agrícolas.

(ii) Ao nível social:

- Por aumento dos preços da água para compensação das medidas adoptadas;
- Por deslocalização das principais utilizações intensivas de água (indústria e agricultura), principais actividades económicas e empregadoras em algumas regiões.

(iii) Ao nível ambiental:

- Possibilidade de intrusão salina em sistemas aquíferos costeiros;
- Redução dos níveis de escoamento em rios regulados;
- Afectação das zonas húmidas;
- Maior concentração de poluentes por diminuição dos volumes de diluição;
- Aumento do risco de erosão do solo e de desertificação.

Não obstante, verificando-se um estado muito incipiente na identificação, avaliação e estimativa da importância socioeconómica deste tipo de impactos, nos diferentes Estados-Membro da UE, também devido à complexidade das situações em causa, é considerado que a

problemática dos impactos de escassez necessita ainda de um desenvolvimento mais aprofundado (DG Env EC, 2007; EEA, 2009a).

Ainda assim, para Portugal, tendo por base os dados considerados em estudo efectuado pelo INAG – Instituto da Água, IP (INAG, 2007) a propósito da contribuição portuguesa para a elaboração do relatório DG Env EC (2007), destacam-se como principais sinais de escassez (Vivas & Maia, 2008), a existência de algumas situações de conflito entre sectores utilizadores, tal como sucede, por exemplo, na barragem de Castelo de Bode, construída para a produção de energia e que, actualmente, vê essa finalidade restringida pelo abastecimento urbano de parte da zona urbana de Lisboa. Por outro lado, os índices de produção das actividades agrícolas são muitas vezes limitados, eventualmente a um nível mais local, devido às limitações de capacidade de armazenamento e/ou à alocação dos recursos existentes a sectores com um grau de prioridade de uso superior, como é o caso do abastecimento urbano. Note-se que, em muitas situações, o sector do turismo é abastecido pelos sistemas públicos urbanos, o que pode resultar num desequilíbrio na alocação de recursos para diferentes actividades económicas. Relativamente ao turismo, importa ainda referir que existem consideráveis investimentos realizados pelo sector privado, especialmente na região do Algarve, para garantia de abastecimento contínuo. De igual forma, quando existem transferências de água entre bacias hidrográficas vizinhas, é provável a existência de problemas de escassez na bacia de destino. Essa indicação poderá ser particularmente relevante, nomeadamente complementada pela avaliação da importância do volume de transferência, face ao total de utilizações existentes na(s) bacia(s) de destino (Vivas & Maia, 2008)[12].

1.3.4 Novos desafios à gestão de secas e de escassez

De forma genérica e global podem ser apontados alguns problemas ou factores que, pela sua importância, caracterizam o principal paradigma actual e futuro para a gestão da água e que constituem, no fundo, o contexto base da gestão de secas e escassez. Entre esses poderão ser destacados: a problemática das Alterações Climáticas (AC), o crescimento da população mundial, os problemas de qualidade da água, ou a degradação ambiental dos ecossistemas (Dingman, 2002; Cech, 2005; MEA, 2005; UNEP, 2006; Louka, 2008; UN, 2008; UN, 2009). Porém, atendendo ao âmbito da presente tese e às características específicas da região em estudo, o Guadiana[13], deverá salientar-se como principal desafio futuro a problemática das AC.

1.3.4.1 Alterações Climáticas

Tal como descrito anteriormente, a distribuição de água no mundo não é uniforme. Se se considerar a subdivisão do ciclo hidrológico segundo o meio onde a água se encontra, podemos identificar a fase atmosférica, a fase de interacção com o solo e a fase oceânica. Nesta linha, poder-se-á concluir, então, que a disponibilidade de água, numa dada região, vai ser

[12] Ver ponto 3.1.
[13] Ver pontos 3.3 e 3.4.

condicionada pelas características da fase de interacção com o solo (topografia, usos do solo, tipos de solo, características do subsolo, rede hidrográfica, etc.), mas também, e essencialmente, pelo comportamento global da fase atmosférica, nomeadamente através das designadas características climáticas regionais[14].

Historicamente foi assumido que as características climáticas se repetiam em padrões mais ou menos constantes, em valor médio, à parte de variações diárias, sazonais ou anuais das condições meteorológicas. De facto, considerando uma escala de avaliação relativamente alargada, tanto em termos espaciais (países, intervalos de latitude) como temporais (épocas sazonais e anos), estas características permitiram servir como elemento diferenciador das diferentes regiões do mundo, de características mais áridas, de clima mais temperado e/ ou húmido, ou até de glaciares. Porém, de acordo com o histórico de registos existente, tem-se verificado que os principais parâmetros caracterizadores (precipitação e temperatura) têm sofrido uma variação bastante significativa nos respectivos níveis médios e também da sua variabilidade relativa, dando origem a uma preocupação crescente e à consequente avaliação mais aprofundada das condições climáticas mundiais e de eventuais alterações (IPCC, 2007).

Por Alterações Climáticas (AC) pode entender-se, segundo o *Intergovernamental Panel for Climate Change* (IPCC, 2007), qualquer alteração nas características climáticas de uma determinada região que possa ser identificada (p.e. por análises estatísticas) através dos correspondentes valores médios e/ou na variabilidade das suas propriedades, de forma persistente, por um período prolongado, de décadas ou mais. Segundo esta definição são incluídas tanto as alterações por efeito da actividade humana, como as devidas às variações naturais do clima.

Uma vez que, para a GRH, é, acima de tudo, fundamental conhecer os reais efeitos que as AC possam introduzir no ciclo hidrológico e na distribuição espacial e temporal da água, bem como na frequência e intensidade de fenómenos meteorológicos extremos numa dada região, será considerada, na presente tese, uma definição idêntica à assumida pelo IPCC. Assim, a análise desta temática deverá centrar-se, exclusivamente, na variação global de variáveis como a temperatura e a precipitação. De facto, dados do IPCC (2007) apontam para a verificação de uma tendência no aquecimento global, na subida do nível médio do mar e na redução da área coberta por gelo, em especial no Hemisfério Norte, tal como surge representado na Figura 1.15.

[14] Ver também ponto 1.3.1.

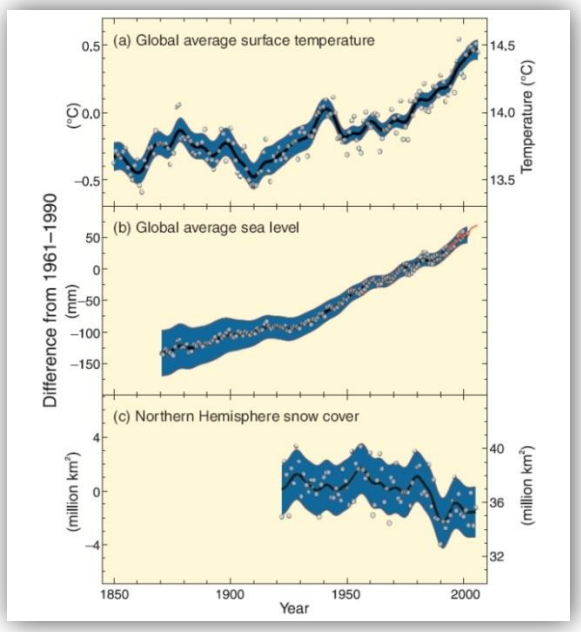


Figura 1.15: Variações[15] da temperatura média à superfície terrestre, do nível médio dos mares e da área coberta por gelo no Hemisfério norte dos últimos 150 anos (IPCC, 2007).

Assumindo que uma das principais causas das alterações descritas corresponde à emissão crescente de Gases de Efeito de Estufa[16] (GEE), em particular do CO_2, fruto, em grande medida, de actividades antropogénicas como a queima de combustíveis fósseis – carvão, petróleo e gás natural – e, em menor grau, da desflorestação e outras alterações no uso dos solos, é muito provável que as alterações climáticas anteriormente referidas se venham a agravar ao longo do século XXI, uma vez que se prevê que as emissões de GEE continuem, também elas, a aumentar nas próximas décadas (SIAM II, 2006). Esta é a principal razão subjacente à construção e utilização de modelos de simulação do clima para previsão de cenários futuros, tanto mais fiáveis quanto possível e que permitam ter uma base de referência para variáveis como a temperatura e precipitação. Essas variáveis são representadas segundo as projecções até ao final do séc. XXI, ainda que com um largo espectro de cenários possíveis. Da análise das Figuras 1.16 e 1.17 é possível verificar, para a Europa, um expectável aumento da temperatura média anual e uma redução da precipitação anual, variações que poderão ser especialmente significativas no Sul da Europa, incluindo a Península Ibérica (SIAM II, 2006).

[15] Os pontos salientados nos gráficos correspondem a valores de pico anuais, enquanto a mancha envolvente a azul corresponde à margem de incerteza associado à forma de obtenção dos valores (IPCC, 2007).

[16] Os GEE têm a propriedade de absorverem e emitirem radiação infravermelha. Quando se aumenta a concentração de GEE na atmosfera há uma maior parte da radiação infravermelha emitida pela Terra que é absorvida, estabelecendo-se um desequilíbrio entre a quantidade total de energia radiativa recebida do Sol e a quantidade total de energia radiativa emitida pela Terra. O equilíbrio restabelece-se com um aumento da temperatura na baixa atmosfera, a troposfera. Os principais gases de efeito de estufa presentes na atmosfera são o vapor de água, de concentração muito variável, o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), o ozono (O3), os clorofluorocarbonetos (CFC), os hidroclorofluorocarbonetos (HCFC) e outros de menor importância (SIAM II, 2006).

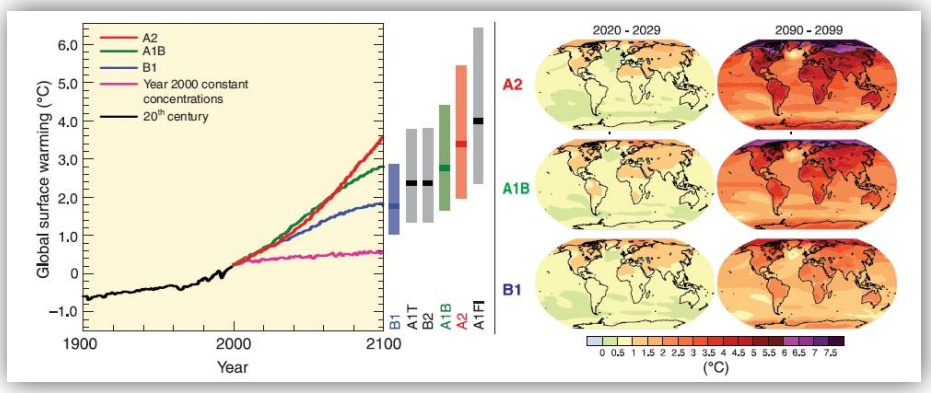


Figura 1.16: Projecções multimodelo[17] de aumento da temperatura média à superfície da Terra face aos valores de 1980-1999, por resultado de 3 cenários de emissões de GEE, B1 (mais baixo), A1B (intermédio) e A2 (mais elevado) (figura do lado esquerdo). Representação espacial da variação da temperatura média anual para o início (2020 a 2029) e final do século XXI (2090 a 2099), segundo esses mesmos cenários (figura do lado direito) (IPCC, 2007).

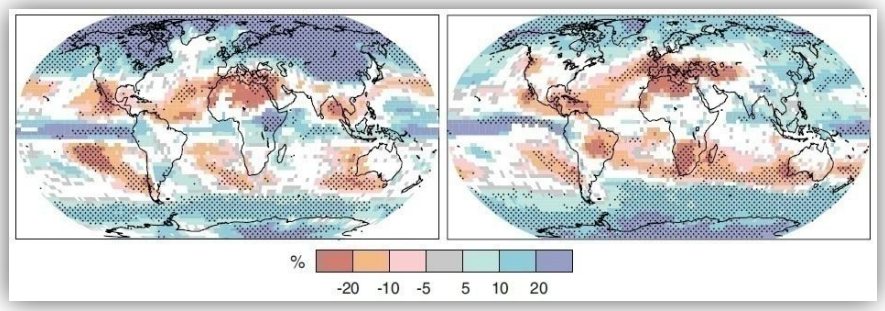


Figura 1.17: Projecções multimodelo de alteração dos padrões de precipitação (em %) para o final do séc. XXI (2090 - 2099), em relação ao período de 1980-1999, segundo o cenário A1B (intermédio) de emissões de GEE. No lado esquerdo são representados os valores médios para os meses de Dezembro a Fevereiro e, no lado direito, os valores para os meses de Junho a Agosto (IPCC, 2007).

Por, outro lado, no que toca a fenómenos extremos, em particular às situações de seca, espera-se uma intensificação na Europa e, em especial, na Península Ibérica, ocorrendo de forma mais frequente e com maior severidade (IPCC, 2008). Tal surge representado na Figura 1.18, através do previsível período de retorno associado a futuras situações de seca, identificadas como correspondentes, actualmente, a um período de retorno de 100 anos.

[17] Modelos de circulação geral (*General Circulation Models*) que simulam o sistema climático terrestre incluíndo as interacções Oceano – Atmosfera (SIAM II, 2006)

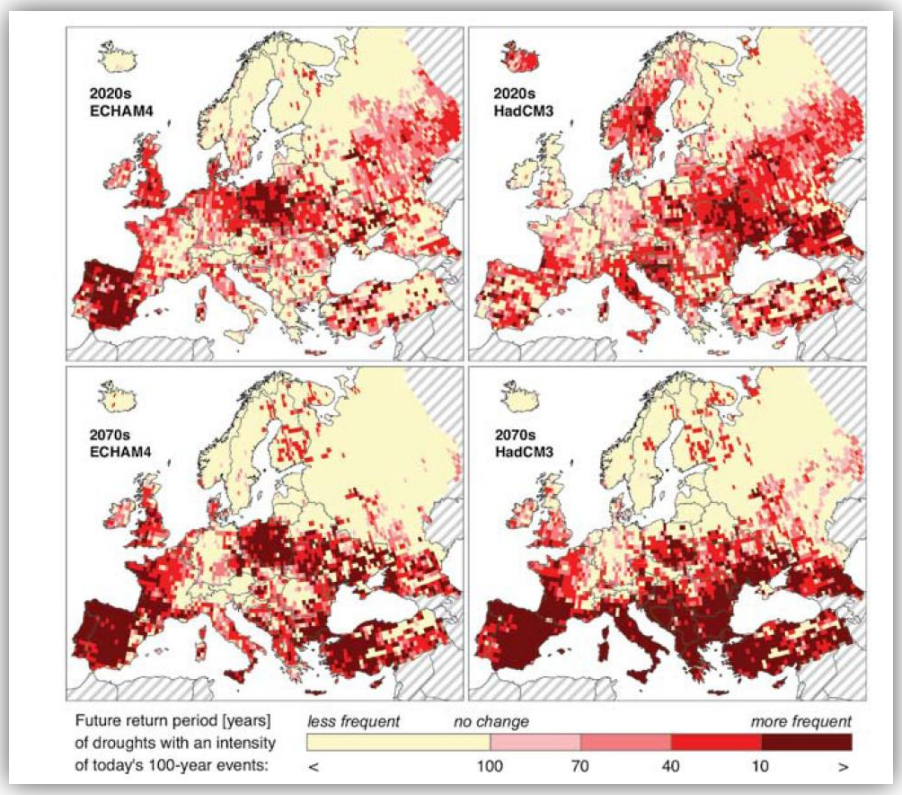


Figura 1.18: Evolução, ao longo do século XXI, do futuro período de retorno para as actuais secas de severidade correspondente a um período de retorno de 100 anos (IPCC, 2008)

Face às alterações globais previstas, distingue-se uma dupla vertente de acção, em relação à problemática das AC, inclusive a nível da UE (CEC, 2007a), segundo dois conceitos principais: *Mitigação* e *Adaptação*. Se por um lado, é considerada imperativa a política de *Mitigação*, procurando evitar as consequências mais gravosas pela diminuição rápida das emissões de GEE, por outro, como as AC são consideradas um processo em certa medida irreversível, será necessário preparar as sociedades para a *Adaptação* a essas consequências, quer pela resolução dos problemas, quer antecipando a resposta às alterações que venham a ocorrer, com o objectivo de reduzir os riscos e os prejuízos com o menor custo possível.

Nesse contexto, desenvolvimentos no âmbito do Livro Branco da UE, referente às AC (CEC, 2009) apontam uma prévia avaliação da potencial afectação de diferentes domínios, incluindo da GRH. Sendo o sul da Europa apontado como uma das regiões mais afectadas, prevê-se que as AC irão impor fortes impactos na quantidade e qualidade da água, em especial no que toca a (CEC, 2009):

- Alterações na disponibilidade de água, com diminuição dos níveis médios de escoamento e intensificação da sazonalidade;
- Aumento expectável da área sujeita a pressões de escassez de água e agravamento dos problemas existentes;
- Aumento dos problemas de qualidade da água devido a temperaturas mais elevadas e fenómenos extremos mais frequentes;

- Afectação de sectores-chave da economia de forma transversal, bem como dos ecossistemas e da biodiversidade.

No mesmo documento é ainda reforçado o papel da Investigação para melhor compreensão e modelação da afectação do ciclo hidrológico pelas AC e também dos impactos sobre a água, avaliando a dimensão económica dos mesmos e desenvolvendo ferramentas que facilitem a abordagem integrada de avaliação de medidas de mitigação e adaptação (CEC,2009).

1.3.5 Problemática associada à gestão de secas e de escassez

Decorre da análise efectuada nos pontos anteriores que, não sendo possível controlar, ou até prever, a ocorrência de situações de seca, os seus impactos podem ser mitigados, até certo ponto, através da aplicação de um correcto acompanhamento e da definição de estratégias preventivas e de gestão previamente estipuladas. Por outro lado, as secas constituem um fenómeno natural que, apesar de ser de evolução lenta, que pode durar meses, ou até anos, pode assumir consequências quase tão devastadoras como as cheias, tornando-se essencial a aposta numa gestão mais preventiva, planeada e atenta dos recursos hídricos existentes e da evolução das situações de seca. Esse aspecto será ainda mais relevante com uma provável maior frequência na ocorrência de situações severas de seca, devidas a potenciais alterações no ciclo hidrológico provocadas pelas Alterações Climáticas (Vivas & Maia, 2010).

Além disso, uma situação de seca pode agravar situações de escassez, numa qualquer região e/ou bacia hidrográfica, levando à geração de novos conflitos, ou intensificação dos existentes, entre os diferentes sectores utilizadores. Por outro lado, a existência de situações de escassez podem agravar consideravelmente a severidade dos impactos de seca, tornando a região em causa especialmente vulnerável a qualquer redução da precipitação, face ao normal para o período em causa. Consequentemente deverá ser prestada especial atenção a situações em que possa haver uma ocorrência simultânea destes dois fenómenos (Vivas & Maia, 2008).

Não obstante apesar de corresponderem a fenómenos distintos, tanto a escassez de água como as situações de seca afectam a utilização de água de forma similar, uma vez que o resultado de ambas corresponde à verificação de um nível insuficiente de disponibilidades para as necessidades existentes, seja para as mais diversas actividades humanas ou até para a sobrevivência dos sistemas naturais endémicos.

1.4 Linhas orientadoras na política Europeia de escassez e secas

A Directiva Quadro da Água (2000/60/CE), em vigor desde Dezembro de 2000 constitui o principal documento de enquadramento legal no que toca à gestão de recursos hídricos na Europa, assumindo como objectivo principal o estabelecimento de um enquadramento de

protecção das águas de superfície interiores, das águas de transição[18], das águas costeiras e das águas subterrâneas. Para tal, esta directiva:

- preconiza a gestão integrada dos recursos hídricos ao nível da bacia hidrográfica;
- introduz a obrigação dos Estados-Membros criarem e aplicarem políticas coerentes e integradas para a gestão sustentável das águas, estabelecendo para isso as bases e o quadro institucional apropriado;
- assume como objectivo estabelecer um quadro comum no domínio da protecção das águas interiores, de superfície e subterrâneas, das águas de transição e das costeiras, visando prevenir a degradação e proteger a qualidade das águas;
- promove a utilização sustentável da água e contribui para a mitigação dos efeitos das cheias e das secas,
- privilegia os objectivos ambientais a cumprir a curto/médio prazo;
- promove a participação pública a todos os níveis.

Não obstante, no que, especificamente diz respeito às secas, verifica-se que estas situações são consideradas de excepção, segundo as referências no ponto 32 das considerações iniciais deste documento, bem como no artigo 1º, de definição do objectivo da directiva, e ainda no ponto 6 do artigo 4º, de definição dos objectivos ambientais. De facto, nas designadas situações de seca prolongada, os seus impactos poderão, mesmo, levar ao não cumprimento do bom estado ecológico das massas de água, sem que tal implique directamente a aplicação de sanções ao Estado-Membro em causa. Nessa linha, no ponto 6 do Art.º 4, é considerado que as condições de declaração de situação de seca prolongada deverão ser identificadas, a partir de indicadores apropriados, definidos nos Planos de Gestão das bacias hidrográficas e que as medidas de minimização a adoptar deverão, também, estar previstas nos Programas de Medidas, a incluir naqueles planos. Além disso, de acordo com as considerações do Anexo 6 da mesma directiva (com a lista de medidas a incluir naqueles programas, de acordo com as características e problemas da região) deverão ser utilizadas culturas agrícolas com baixas necessidades hídricas, nas regiões afectadas por situações de seca (Estrela *et al*, 2006).

As parcas referências às situações de seca desta directiva acabam por reflectir a própria abordagem de gestão de crise que, tradicionalmente foi sendo adoptada ao nível dos diferentes Estados-Membro da Europa. Porém, dada a crescente importância económica desses impactos, especialmente nas situações mais recentes (entre 2003 e 2005), as secas começaram a ser reconhecidas, na Europa, como um dos mais importantes desastres naturais, surgindo claramente identificado um novo conceito de gestão de situações de seca, integrado na análise e gestão de risco. Estes aspectos foram devidamente apontados pelo *Water Scarcity Drafting Group* da UE, um grupo de trabalho especificamente criado para avaliação da problemática de escassez e secas, em relatório elaborado em Junho de 2006, e dirigido ao Conselho de Ambiente da Comunidade Europeia. Neste documento são, então, advogadas (WSDG, 2006):

[18] "Massas de água de superfície na proximidade da foz dos rios, que têm um carácter parcialmente salgado em resultado da proximidade de águas costeiras, mas que são significativamente influenciadas por cursos de água doce" (Directiva 2000/60/CE)

- uma gestão mais proactiva das situações de seca (com desenvolvimento de políticas e planos de acção de longo termo e estratégias de mitigação);
- a aposta nas medidas de prevenção e preparação (diminuição do risco e da vulnerabilidade, não descurando um planeamento de contingência);
- a elaboração de planos de gestão de seca, baseados em sistemas de previsão e monitorização.

No caso concreto dos planos de gestão de secas, refere-se a necessidade de estes surgirem devidamente enquadrados com os princípios de gestão da água preconizados na Directiva-Quadro da Água e, consequentemente, com os planos de gestão de bacia Hidrográfica, para os quais deverão ser definidos indicadores e valores característicos limite (atendendo às especificidades regionais), que permitam identificar os níveis de alerta e severidade de seca e auxiliar na selecção das medidas respectivas a aplicar (WSDG,2006).

Por outro lado, no que toca aos desequilíbrios verificados na utilização da água a longo prazo (caso da escassez), é apontada, na mesma avaliação (WSDG,2006), a importância da consideração da água como um recurso escasso e valioso que deverá ser gerido numa lógica de sustentabilidade de longo prazo, promovendo um equilíbrio da oferta e da procura e atendendo às necessidades específicas para a manutenção dos principais ecossistemas aquáticos.

Com base nesta avaliação, surgiu, na Europa, uma iniciativa de análise conjunta das situações de escassez de água e secas (EA&S), uma vez que estas devem ser consideradas como questões relacionais, embora diferenciadas. O processo incluiu duas fases de avaliação[19] dos Estados-Membro, a primeira em Novembro de 2006 (DG Env EC, 2006) e, a segunda, em Junho de 2007 (DG Env EC, 2007).

Desse processo resultou, em Julho de 2007, uma comunicação da União Europeia - COM (2007) 414 final (CEC, 2007) definindo as principais orientações políticas, para acção futura. Estas orientações podem, então, ser individualizadas segundo o correspondente foco, orientado para a gestão de escassez, ou de secas ou comum a ambas (CEC, 2007):

<u>Escassez de água</u>

- Fixar um preço justo para a água;
- Atribuição mais eficiente da água e dos respectivos financiamentos através de:
  - melhor ordenamento do território;
  - financiamento da eficiência hídrica.
- Consideração de infra-estruturas adicionais de abastecimento de água;
- Promoção de tecnologias e práticas com boa eficiência hídrica;
- Promover a emergência na Europa de uma cultura de poupança de água;

[19] Já anteriormente referidas no ponto 1.3.2.

Secas

- Melhor gestão dos riscos de seca através de:
  - desenvolvimento de planos de gestão de secas;
  - desenvolvimento de um observatório e de um sistema de alerta precoce de secas;
  - optimização da utilização do Fundo de Solidariedade da UE e do Mecanismo Comunitário de Protecção Civil.

Comuns a ambos os fenómenos

- Aprofundamento dos conhecimentos e melhor recolha de dados através de:
  - um sistema de informação sobre a escassez e as secas na Europa;
  - oportunidades na investigação e desenvolvimento tecnológico.

Fruto destas orientações e, também, do destaque dado a esta temática durante a Presidência Portuguesa do Conselho da União Europeia, no segundo semestre de 2007, o Conselho de Ambiente da União Europeia apresentou as suas principais conclusões, em Outubro de 2007 (MAOTDR, 2007), relembrando que a problemática da EA&S tem impactos socioeconómicos e ambientais bastante relevantes na Europa, e que se espera que eventuais Alterações Climáticas tenham, também, considerável influência nesta temática, com impactos na quantidade e qualidade da água, também devido a uma provável maior frequência de ocorrência de eventos meteorológicos extremos, tais como cheias e secas.

Nesse sentido, reconhece-se (MAOTDR, 2007) que a gestão integrada de recursos hídricos deverá contribuir para a mitigação dos impactos dos problemas de EA&S e que a plena implementação da Directiva-Quadro da Água deverá ser uma prioridade. De facto é considerado que esta directiva, apesar de não versar directamente as temáticas de EA&S, permitirá estabelecer uma base suficientemente válida e objectiva, disponibilizando ferramentas fundamentais (como os planos de gestão de bacia ou os planos especiais de gestão de recursos hídricos) que contribuirão para a obtenção do bom estado ecológico das massas de água, para a promoção do uso sustentável da água e para a mitigação dos efeitos de fenómenos extremos. Reconhece-se, ainda, nestas conclusões, que enquanto a escassez de água pode resultar de uma gestão de recursos hídricos ineficaz, a ocorrência de secas é um fenómeno natural e não pode ser controlada, pelo que os seus impactos apenas podem ser mitigados através de apropriadas estratégias de gestão, monitorização e prevenção (MAOTDR, 2007).

Além disso, a nível Europeu, foi ainda desenvolvido um relatório específico sobre planos de gestão de seca (DG Env EC, 2007a) onde, mesmo sendo admitida a não obrigatoriedade de elaboração deste tipo de planos, se destaca a mais-valia dos mesmos como ferramenta para a minimização dos possíveis efeitos decorrentes de situações de seca. Em qualquer caso é indicado que a aplicação desses planos deverá sempre cumprir os objectivos ambientais da DQA e contemplar a definição de (DG Env EC, 2007):

- indicadores e respectivos valores limite estabelecendo o início e o fim de uma situação de seca, bem como os níveis de severidade para as situações de seca prolongada.
- medidas a serem tomadas em cada fase de uma situação de seca de modo a prevenir a deterioração do estado da água e a mitigar os impactos da seca.
- enquadramento institucional para fazer face às situações de seca e para a revisão e reformulação dos planos de seca.

Face a estas linhas orientadoras, têm sido levados a cabo alguns desenvolvimentos ao nível dos Estados-Membro da UE, em especial sobre os tópicos destacados na Comunicação de 2007 (CEC, 2007). No que toca à gestão do risco de seca, segundo o relatório de acompanhamento mais recente (CEC, 2010), e respectivo documento de acompanhamento (CEC, 2010a), lançados em Maio de 2010, é já referida a aposta de alguns Estados-Membro no desenvolvimento de planos de gestão de seca (Bélgica, Chipre, Espanha, França e Inglaterra), enquanto outros, entre os quais Portugal, estão a equacionar esta problemática no âmbito do desenvolvimento dos planos de gestão de bacia. No que toca a sistemas de avaliação fundados em indicadores, apenas alguns Estados-Membro, como é o caso da Espanha[20] e da Bélgica, possuem um sistema de indicadores adaptados às respectivas especificidades, com vista à adopção de medidas definidas no âmbito dos planos de gestão de seca já em vigor (CEC, 2010a). Por outro lado, é referido o desenvolvimento de um observatório de secas – *European Drought Observatory*, levado a cabo pelo *Joint Research Centre* (JRC)[21] (CEC, 2010). Este sistema será especialmente orientado para a previsão, detecção e monitorização de secas na Europa, tendo por base informação meteorológica (com base em índices como o SPI), parâmetros hidrológicos modelados (estimativas de humidade do solo e respectivas anomalias), informação de satélite e ainda previsões a 7 dias, das condições meteorológicas (CEC, 2010a).

Ainda no que toca à escassez, a *European Environmental Agency* (EEA), em conjunto com o JRC, têm levado a cabo o desenvolvimento de indicadores para avaliação conjunta dos dois fenómenos, com vista à integração num sistema de informação sobre a escassez de água e secas para a Europa (WSDIS)[22] (CEC, 2010; 2010a). Esse sistema terá, ainda, o apoio de uma rede de instituições que integrarão a *European Water Scarcity and Drought Network* (WSDN), responsável pela coordenação das iniciativas em desenvolvimento nesta matéria (EEA, 2009a).

1.5 Enquadramento legal e institucional em Portugal

Tal como referido anteriormente, a gestão de situações de seca e de escassez insere-se no âmbito mais vasto da gestão de recursos hídricos. Nesse sentido, descrevem-se em seguida, para Portugal, os principais documentos legais relativos aos recursos hídricos que suportam a gestão dessas situações, bem como as entidades com responsabilidades nesta matéria.

[20] País cuja experiência ao nível da gestão de secas tem sido considerada um exemplo ao nível Europeu e que será mais detalhada nos pontos 2.2.1 e 2.2.4.
[21] http://edo.jrc.ec.europa.eu/php/index.php?action=view&id=2
[22] Os princípios subjacentes a este sistema serão analisados em detalhe no ponto 2.3.2.

1.5.1 Enquadramento legal de base

Tal como descrito no ponto anterior, a evolução do quadro de gestão da água, ao nível da UE, com a introdução da Directiva Quadro da Água (Directiva 2000/60/CE), levou a que a gestão de recursos hídricos fosse encarada ao nível das bacias hidrográficas, tendo em conta o *continuum* hidráulico. Nesse contexto, em Portugal, os principais documentos legais que regem a gestão de recursos hídricos, relacionados mais directamente com a gestão de situações de escassez de água e secas, são:

- Lei da Água (Lei 58/2005 de 29 de Dezembro);
- Plano Nacional da Água (Decreto -Lei 112/2002 de 17 de Abril);
- Planos de Bacia Hidrográfica (como por ex. o Plano de Bacia Hidrográfica do Guadiana - Decreto-Lei 16/2001 de 5 de Dezembro);
- Plano Nacional de Uso Eficiente da Água (Resolução do Conselho de Ministros nº 113/2005).

Além destes documentos, importa realçar a Convenção sobre Cooperação para a Protecção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas (Resolução da Assembleia da República nº 66/99 e respectiva revisão e aprovação do protocolo adicional em Resolução da Assembleia da República nº 62/2008), no que toca à coordenação e gestão dos recursos hídricos partilhados entre Portugal e Espanha.

1.5.1.1 Lei da Água

A transposição para a ordem jurídica nacional da Directiva 2000/60/CE (DQA), estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas, foi estabelecida com a entrada em vigor da Lei da Água (Lei 58/2005 de 29 de Dezembro), reflectindo uma mudança no paradigma da política portuguesa de gestão da água. Com esta lei, a GRH torna-se bastante mais centrada na protecção do ambiente, sendo estratégia de base a aplicação dos princípios da precaução, da acção preventiva, da correcção (prioritariamente na fonte) dos danos ambientais e do utilizador/poluidor-pagador.

Segundo o Artigo 24 o planeamento é assegurado através dos seguintes instrumentos:

"a) O Plano Nacional da Água (…) que abrange todo o território nacional;

b) Os planos de gestão de bacia hidrográfica (…) que abrangem as bacias hidrográficas integradas numa região hidrográfica e incluem os respectivos programas de medidas;

c) Os planos específicos de gestão de águas, (…) complementares dos planos de gestão de bacia hidrográfica (…) abrangendo uma sub-bacia ou uma área geográfica específica, ou de âmbito sectorial, abrangendo um problema, tipo de água, aspecto específico ou sector de actividade económica com interacção significativa com as águas."

Assim, enquanto a elaboração e execução do Plano Nacional da Água compete à Autoridade Nacional da Água (INAG, I.P)[23], caberá às Administrações de Região Hidrográfica[24] (do Norte, Centro, Tejo, Alentejo ou Algarve) a elaboração e execução dos respectivos Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica, bem como de eventuais Planos Específicos de Gestão das Águas (nos quais se poderão enquadrar planos específicos para a gestão de secas).

Relativamente à problemática da escassez de água, pode-se destacar um dos princípios base da Lei da Água (Art.º 3, ponto 1), i.e., a necessidade de garantir, em relação a este recurso, uma "*utilização economicamente eficiente, com a recuperação dos custos dos serviços de águas, mesmo em termos ambientais e de recursos, e tendo por base os princípios do poluidor-pagador e do utilizador-pagador*".

Por outro lado, no Artigo 64 é estabelecida a ordem de preferência de usos, através da qual é definida a prioridade de alocação dos mesmos no caso de conflito e de situações de escassez, sendo que em qualquer dos casos é "*dada prioridade à captação de água para abastecimento público (…) e, em igualdade de condições, é preferido o uso que assegure a utilização economicamente mais equilibrada, racional e sustentável, sem prejuízo da protecção dos recursos hídricos*". Tal deverá ser definido segundo os "*critérios de preferência estabelecidos no plano de gestão de bacia hidrográfica*" e "*em caso de declaração de situação de escassez, a ordem de prioridade referida (…) pode ser alterada pela administração da região hidrográfica*".

Em relação às situações de seca, à luz do disposto na DQA, é apontada como um dos objectivos gerais (Art.º 1) para a gestão de águas superficiais e subterrâneas, "*a necessidade de mitigar os efeitos das inundações e das secas*", responsabilidade essa que fica sob competência da Autoridade Nacional da Água, o INAG, I.P (Art.º 8).

Além disso, a Lei da Água, no seu Artigo 41, estabelece ainda algumas medidas específicas de protecção contra as secas, destacando a importância do planeamento prévio:

"1 - Dos programas de intervenção em situação de seca deve constar a definição das metas a atingir, as medidas destinadas aos diversos sectores económicos afectados e os respectivos mecanismos de implementação.

2 - As medidas de intervenção (…) devem contemplar (…) a alteração e eventual limitação de procedimentos e usos, a redução de pressões no sistema e a utilização de sistemas tarifários adequados.

3 - As áreas do território mais sujeitas a maior escassez hídrica devem ser objecto de especial atenção na elaboração dos programas de intervenção em situação de seca.

4 - Deve ser prioritariamente assegurada a disponibilidade (…) para o abastecimento público e, em seguida, para as actividades vitais dos sectores agro-pecuário e industrial."

[23] Ver também, no presente ponto, a parte referente ao enquadramento institucional.
[24] Idem

Além disso, e tal como a própria DQA estabelece, é considerada (Art.º 51) "*derrogação válida a deterioração temporária do estado das massas de água quando originada por causas naturais ou de força maior*", como é considerado o caso de situações de seca prolongada. Não obstante, no mesmo artigo (Art.º 51), no ponto 3, são devidamente estipuladas as condições segundo as quais se considera justificado o incumprimento dos objectivos ambientais estipulados nessas situações de deterioração temporária:

"a) Sejam tomadas todas as medidas para evitar uma maior deterioração do estado das águas e para não comprometer o cumprimento dos objectivos ambientais noutras massas de água não afectadas por essas circunstâncias;

b) Se encontrem indicadas no plano de gestão de bacia hidrográfica as condições em que podem ser declaradas as referidas circunstâncias imprevistas ou excepcionais, incluindo a adopção dos indicadores apropriados;

c) As medidas a tomar nestas circunstâncias excepcionais estejam incluídas no programa de medidas e não comprometam a recuperação da qualidade da massa de água quando essas circunstâncias deixarem de se verificar;

d) Os efeitos das circunstâncias excepcionais ou que não pudessem razoavelmente ter sido previstas sejam analisados anualmente (…) e sejam tomadas todas as medidas para restabelecer a massa de água no estado em que se encontrava antes (…);"

Por fim, é ainda considerado no Artigo 67, ponto 3, que "*as licenças de utilização de recursos hídricos podem ser revistas no caso de se verificarem situações de seca, catástrofe natural ou casos de força maior*".

1.5.1.2 Plano Nacional da Água

Segundo o disposto na Lei da Água (Art.º 28), o "*Plano Nacional da Água é o instrumento de gestão das águas, de natureza estratégica, que estabelece as opções da política nacional da água e os princípios e as regras de orientação dessa política, a aplicar pelos planos de gestão de bacias hidrográficas e por outros instrumentos de planeamento*". O mesmo artigo define que este plano deverá ser constituído por:

"a) Uma análise dos principais problemas das águas à escala nacional que fundamente as orientações estratégicas, as opções e as prioridades de intervenção política e administrativa;

b) Um diagnóstico da situação à escala nacional com a síntese, articulação e hierarquização dos problemas e das potencialidades identificadas;

c) A definição de objectivos que visem formas de convergência entre os objectivos da política de gestão das águas nacionais e os objectivos globais e sectoriais de ordem económica, social e ambiental;

d) A síntese das medidas e acções a realizar para atingir os objectivos estabelecidos e dos consequentes programas de investimento, devidamente calendarizados;(…)"

O Plano Nacional da Água deverá ser sujeito a uma revisão, segundo o disposto na Lei da Água, até ao final de 2010, estando, actualmente em vigor, o documento aprovado no Decreto-Lei nº 112/2002 de 17 de Abril (INAG, 2001a).

Em relação à temática da escassez de água e secas, este plano estabelece como objectivos (Capítulo IV, Ponto 1.3):

"1.3.2 — Assegurar a gestão integrada do domínio hídrico, promovendo a integração da componente recursos hídricos nas outras políticas sectoriais e assegurando a integridade hídrica das regiões hidrográficas, bem como a integração dos aspectos da quantidade e da qualidade da água e dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais. (…)

f) Promover o ordenamento das áreas ribeirinhas (…) soluções de contingência, visando a protecção de pessoas e bens e a minimização dos prejuízos dos efeitos das cheias, das secas e de acidentes de poluição. (…)

1.3.3 — Promover a gestão sustentável da procura de água, baseada na gestão racional dos recursos e nas disponibilidades existentes em cada bacia hidrográfica e tendo em conta a protecção a longo prazo dos meios hídricos disponíveis e as perspectivas económicas. (…)

b) Garantir a quantidade de água necessária na origem e promover o adequado nível de abastecimento de água às populações e às actividades económicas, de forma a:

- *Garantir a quantidade de água necessária na origem, (…) mesmo para períodos e meses mais secos; (…)*
- *Atenuar a escassez de recursos hídricos, elaborando e implementando um plano de mitigação dos efeitos da seca."*

Verifica-se, assim que, nos objectivos enunciados, acabam por ser ligeiramente confundidos os conceitos de escassez de água e secas, sendo utilizado o termo "escassez" para referência à limitação de recursos hídricos decorrente de situações de seca. Não obstante, pode considerar-se que, segundo o disposto neste documento, os problemas de escassez acabam por surgir no contexto da gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos, em especial sempre que são versados os aspectos quantitativos e de balanço entre disponibilidades e necessidades, enquanto as secas são consideradas situações excepcionais para as quais se considera essencial a elaboração de planos de mitigação dos seus impactos.

1.5.1.3 Planos de Bacia Hidrográfica

Tal como também disposto na Lei da Água (Art.º 29), estes planos são *"instrumentos de planeamento das águas que, visando a gestão, a protecção e a valorização ambiental, social e económica (…) ao nível da bacia hidrográfica, compreendem e estabelecem:*

a) A caracterização das águas superficiais e subterrâneas na região hidrográfica (…);

b) A identificação das pressões e descrição dos impactes significativos da actividade humana sobre o estado das águas superficiais e subterrâneas, (…);

e) A identificação de sub-bacias, sectores, problemas ou tipos de águas e sistemas aquíferos que requeiram um tratamento específico ao nível (…) de planos específicos (…);

f) A identificação das redes de monitorização e a análise dos resultados dos programas de monitorização sobre a disponibilidade e o estado das águas superficiais e subterrâneas, (…);

g) A análise económica das utilizações da água, (…);

j) O reconhecimento, especificação e fundamentação das condições que justifiquem (…):

iii) A deterioração temporária do estado das massas de água;"

Estes documentos, cujas versões iniciais datam de 2001 (como por exemplo o Plano de Bacia Hidrográfica do Guadiana - Decreto-Lei 16/2001 de 5 de Dezembro), deverão ser renovados de 6 em 6 anos, a partir de 2009 (sendo actualmente designados por planos de gestão de bacia hidrográfica), traduzindo, para cada região hidrográfica, os princípios gerais e específicos de gestão da água, estabelecidos nos documentos legais anteriormente detalhados. Para tal, deverá partir-se da caracterização da região hidrográfica, dos recursos hídricos e respectivas utilizações existentes, bem como da identificação dos principais problemas decorrentes de conflitos de utilizações e, ainda, da análise económica dessas utilizações.

No que às secas diz respeito, é através destes planos que deverão ser identificados, para cada região hidrográfica, os principais riscos e eventuais problemas que deverão ser alvo de um planeamento específico de gestão das águas, bem como das condições que justifiquem a deterioração temporária do estado das massas de água.

1.5.1.4 Plano Nacional de Uso Eficiente da Água (PNUEA)

A versão preliminar do Plano resultante do Programa Nacional de Uso Eficiente da Água (PNUEA), tornada pública em 2001 pelo INAG, I.P, resultou de um estudo levado a cabo pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em conjunto com o Instituto Superior de Agronomia (LNEC & ISA, 2001). Esse estudo teve como objectivo a avaliação da eficiência de utilização do uso da água nos sectores urbano, agrícola e industrial, propondo um conjunto de medidas que permita uma utilização mais eficiente desse recurso, beneficiando ainda de uma redução das águas residuais resultantes e dos consumos energéticos associados.

Neste programa são descritas cerca de 87 medidas com vista à melhoria da eficiência no uso da água, das quais cerca de 50 se destinam ao sector urbano, 23 ao sector agrícola e 14 ao sector industrial, sendo de notar que, várias das medidas do sector urbano se aplicam

também ao sector industrial. As medidas propostas para redução do consumo de água podem ser globalmente descritas como:

Sector Urbano: aplicação de sistemas tarifários adequados; redução das pressões em sistemas públicos; redução de perdas, tanto em sistemas públicos como em sistemas prediais; reutilização da água (com ou sem tratamento, dependendo do tipo de utilizações de origem e de destino) tanto ao nível dos sistemas públicos como ao nível doméstico; optimização do uso da água ao nível doméstico (por adequação de equipamentos ou de comportamentos), entre outras.

Sector Agrícola: redução da área regada e dos volumes consumidos; reconversão dos métodos de rega; melhor adequação às necessidades hídricas das culturas (através de sistemas de aviso de rega); utilização de tarifas adequadas; redução de perdas no transporte, distribuição e condução dos volumes de rega às culturas; adequação de equipamentos e procedimentos ao nível das origens de água e também dos diferentes tipos de rega (por gravidade, por aspersão e localizada), entre outras.

Sector industrial: optimização do uso de água; redução de perdas; reutilização e recirculação da água em algumas utilizações; adequação de equipamentos e procedimentos, além de outras medidas comuns ao sector urbano.

De todas as medidas constantes deste documento, algumas são específicas para aplicação em regiões com problemas de escassez e/ ou durante situações de seca, passando pela alteração de procedimentos ao nível dos sectores utilizadores referidos e também da definição de algumas proibições ao nível do sector doméstico, como por exemplo impedindo a lavagem de pavimentos, veículos ou mesmo a rega de jardins e similares com água proveniente dos sistemas de abastecimento públicos.

Este programa, cuja implementação estava inicialmente prevista para um horizonte de 10 anos, foi alvo de um atraso considerável, tendo sido aprovado em Junho de 2005, através da Resolução do Conselho de Ministros nº 113/2005. Com essa aprovação foi também criado um grupo de trabalho interministerial para garantir a operacionalidade do mesmo, através do Despacho Conjunto, nº 405/2006, publicado no D.R. nº 98- série II de 22 de Maio de 2006. Fruto da actividade desse grupo de trabalho foram já divulgados alguns relatórios de acompanhamento (PNUEA, 2007; 2008) onde é genericamente apresentada a metodologia de implementação do programa e são identificadas escalas de prioridade para a implementação das medidas segundo os sectores, de acordo com o grau de eficácia na redução do consumo de água.

1.5.1.5 Convenção sobre Cooperação para a Protecção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas

As águas das bacias dos rios Minho, Lima, Douro, Tejo e Guadiana são partilhadas por Portugal e Espanha, sendo de primordial importância uma convergência de interesses na protecção e aproveitamento sustentável dessas mesmas águas, à margem das vontades, por natureza antagónicas, de partilha dessa água. Como estes rios nascem em Espanha, a

qualidade e quantidade dos volumes de água que afluem à fronteira vão condicionar, de forma determinante, as disponibilidades e consequentes utilizações existentes e previstas em Portugal.

Apesar da existência de um histórico de acordos/ convénios para a regulação e exploração de recursos hídricos partilhados entre os dois países, devidamente descritos em Maia (2000), (2003), a aprovação e entrada em vigor da DQA, permitiu renovar a qualidade das relações entre os dois estados que, no seguimento da Convenção sobre Cooperação para a Protecção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas (Resolução da Assembleia da República nº 66/99), entrada em vigor em 2000, e normalmente designada por Convenção Luso-Espanhola, proporcionou um empenho de ambas as partes na cooperação conjunta numa base alargada.

Este documento veio então "*definir o quadro de cooperação entre as Partes para a protecção das águas superficiais e subterrâneas e dos ecossistemas aquáticos e terrestres deles directamente dependentes, e para o aproveitamento sustentável dos recursos hídricos das bacias hidrográficas*" (Art.º 2). Nesse sentido, foram criados dois órgãos institucionais para a coordenação e regulação dos recursos hídricos partilhados entre Portugal e Espanha, nomeadamente a Conferência das Partes, um organismo deliberativo composto pelos representantes dos Governos dos dois países, assegurando a coordenação política, e a Comissão para Aplicação e Desenvolvimento da Convenção – CADC, para assegurar a implementação da Convenção, com funções consultivas, deliberativas e de supervisão, incluindo a definição e estabelecimento dos regimes de caudais que devem ser assegurados nestes rios.

Inicialmente a Convenção previa, no seu Protocolo adicional, a definição de volumes mínimos anuais que deveriam ser garantidos, nas diferentes bacias hidrográficas, para os anos hidrológicos considerados de não excepção (tendo por base a precipitação acumulada entre o dia 1 de Outubro e o dia 1 de Março do correspondente ano hidrológico). No caso da bacia hidrográfica do Guadiana, a definição dos volumes mínimos anuais que deveriam ser garantidos já era feita de forma diferente, integrando, além do critério da precipitação acumulada, também a componente de volumes armazenados na parte espanhola da bacia. Para esta bacia hidrográfica são ainda definidos caudais mínimos diários que deverão ser garantidos, respectivamente por Espanha e Portugal, nas estações hidrométricas de Badajoz e do Pomarão, uma vez que, o Guadiana é o único dos rios partilhados em que o trecho final é comum aos dois países.

Todavia, no referido Protocolo Adicional, não eram estabelecidos regimes de caudais que permitissem que os volumes anuais estipulados fossem devidamente distribuídos no tempo. Para redefinição desses critérios, foi aprovado, em Novembro de 2008, o Protocolo de Revisão da Convenção e do Protocolo Adicional (Resolução da Assembleia da República nº 62/2008), passando a ser definidos caudais integrais trimestrais a garantir em condições normais para as diferentes bacias hidrográficas e, ainda, caudais integrais semanais para as bacias hidrográficas do Douro e Tejo. Tal como na primeira versão do protocolo adicional, para a bacia do Guadiana, os critérios de definição dos caudais integrais trimestrais e anuais, a garantir em condições normais, têm por base a precipitação acumulada (em postos pluviométricos de referência) e os volumes armazenados na parte espanhola da bacia.

Relativamente às situações de seca, verifica-se que estas correspondem, na presente Convenção, aos designados anos de excepção, para os quais não é obrigatório o cumprimento de qualquer volume afluente mínimo, nas bacias hidrográficas em que tal se verifique.

Ainda assim, esta Convenção aponta para a execução de acções coordenadas que contribuam para mitigar os efeitos das situações de seca. Estabelece que deverão ser adoptadas as medidas necessárias, ao nível de cada país e, em conjunto, de modo a prevenir, eliminar, mitigar ou controlar os efeitos das situações excepcionais, estabelecendo os respectivos mecanismos e a natureza dessas excepções (Artigos 4, 10 e 19). Além disso, como medidas excepcionais a adoptar nestas situações são incluídas o estabelecimento de (Art.º 19):

- *"Condições em que as medidas excepcionais possam ser aplicadas, incluindo a utilização de indicadores que permitam caracterizarem as situações de seca e escassez de forma objectiva;*
- *Normas específicas de utilização dos recursos hídricos disponíveis para assegurarem o abastecimento às populações;*
- *Gestão das infra-estruturas, em particular das que dispõem de capacidade significativa de armazenamento de água;*
- *Medidas de redução dos consumos e de vigilância para assegurar o seu cumprimento."*

Por fim, é ainda considerado (Art.º 19) que: "*as Partes, no seio da Comissão para a Aplicação e Desenvolvimento da Convenção, realizam estudos conjuntos sobre secas e situações de escassez para definir as medidas para mitigar os seus efeitos e definem os critérios e os indicadores do regime excepcional e as medidas a adoptar nessas situações (...)*."

Porém, apesar desta indicação específica, verifica-se que Espanha procedeu, entretanto, à implementação de um sistema de avaliação de secas[25], bem como ao desenvolvimento e aplicação de planos de gestão de seca para todas as bacias hidrográficas, incluindo as partilhadas com Portugal, desenvolvidos sem o contributo ou coordenação com Portugal, no seio da CADC, atenta a informação disponível nas actas das reuniões plenárias dessa comissão, desde 2000 até à implementação dos mesmos, em 2007 (CADC, 2007).

1.5.2 Enquadramento institucional

Tendo por base a Lei da Água (Lei 58/2005 de 29 de Dezembro) as instituições da administração pública cujos órgãos assumem competências de gestão da água são (Art.º 7):

- Instituto da Água (INAG)
- Administrações de Região Hidrográfica (ARH)
- Conselho Nacional da Água (CNA)
- Conselhos de Região Hidrográfica (CRH)

[25] Devidamente descrito e analisado no Capítulo 2, ponto 2.2.1.

As competências de cada um destes órgãos, em matérias de escassez de água e secas são devidamente identificadas na Tabela 1.2.

Tabela 1.2: Competências de diferentes entidades e organismos na gestão da água em Portugal, em especial em matérias de escassez de água e secas (adaptado de Mendes, 2008)

Órgão	**Responsabilidades na Gestão da Água (Lei 58/2005, Art.º 7)**	**Principais competências em matéria de escassez de água e secas**
Instituto da Água (INAG)	Como autoridade nacional da água, representa o Estado como garante da política nacional das águas	(Lei 58/2005, Art.8º) *Elaboração do plano nacional da água e aprovação dos planos específicos de gestão de águas e de gestão de bacia hidrográfica;* *Definir a metodologia da análise das características de cada região hidrográfica, bem como das incidências das actividades humanas sobre o estado das águas e ainda da análise económica das utilizações (…);* *Propor o valor da taxa de recursos hídricos;* *Declarar a situação de alerta em caso de seca e iniciar, em articulação com as entidades competentes e os principais utilizadores, as medidas de informação e actuação recomendadas;* *Promover o uso eficiente da água através da implementação de um programa de medidas preventivas (…) em situação normal e medidas imperativas (…) em situação de secas.*
Administração de Região Hidrográfica (ARH)	Prosseguem atribuições de gestão das águas, incluindo o respectivo planeamento, licenciamento e fiscalização.	(Lei 58/2005, Art.º 9) *Elaborar e executar os planos de gestão de bacias hidrográficas e os planos específicos;* *Decidir sobre a emissão e emitir os títulos de utilização dos recursos hídricos e fiscalizar essa utilização;* *Realizar a análise das características da região hidrográfica e das incidências das actividades humanas sobre o estado das águas, bem como a análise económica das utilizações;* *Definir e aplicar os programas de medidas previstos nos planos de gestão de bacias hidrográficas;* *Identificar as zonas de captação destinadas para consumo humano;* *Aplicar o regime económico e financeiro nas bacias da área de jurisdição;*

Órgão	Responsabilidades na Gestão da Água (Lei 58/2005, Art.º 7)	Principais competências em matéria de escassez de água e secas
Conselho Nacional da Água (CNA)	Órgão consultivo do Governo em matéria de recursos hídricos	(Lei 58/2005, Art.º 11) *Apreciar e acompanhar a elaboração do Plano Nacional da Água, dos planos de gestão de bacia hidrográfica e outros planos e projectos relevantes para as águas, formular ou apreciar opções estratégicas para a gestão sustentável das águas nacionais, bem como apreciar e propor medidas que permitam um melhor desenvolvimento e articulação das acções decorrentes;* *Contribuir para o estabelecimento de opções estratégicas de gestão e controlo dos sistemas hídricos, harmonizar procedimentos metodológicos e apreciar determinantes no processo de planeamento relativamente ao Plano Nacional de Água e aos planos de bacia hidrográfica, nomeadamente os respeitantes aos rios internacionais Minho, Lima, Douro, Tejo e Guadiana*.
Conselho de Região Hidrográfica (CRH)	Órgãos consultivos das administrações da região hidrográfica para as respectivas bacias hidrográficas nelas integradas	(Lei 58/2005, Art.º 12) *Apreciar e acompanhar a elaboração do plano de gestão da bacia hidrográfica e os planos específicos de gestão das águas;* *Dar parecer sobre a proposta de taxa de recursos hídricos;* *Pronunciar-se sobre questões relativas à repartição das águas.*

Não obstante, especificamente para a avaliação e gestão de situações de seca, importa atender que, além do Instituto da Água, estão ainda envolvidas as seguintes entidades:

- Instituto de Meteorologia, I.P.
- Comissão de Gestão de Albufeiras
- Autoridade Nacional de Protecção Civil

Instituto de Meteorologia, I.P. (IM)

Segundo o Decreto-Lei nº 157/2007 de 27 de Abril (Art.º 3), o IM, I.P é a autoridade nacional nos domínios da meteorologia, climatologia, sismologia e geomagnetismo, sendo a entidade responsável pela prossecução das políticas nacionais nesses domínios. Como tal, assume como responsabilidades (Art.º 3):

"a) Assegurar a vigilância meteorológica e elaborar e difundir regularmente informações e previsões do tempo para todos os fins, no território nacional;

b) Assegurar a vigilância e o estudo do clima e da sua variabilidade, contribuindo para a análise dos efeitos decorrentes das alterações climáticas e para a definição das correspondentes medidas de adaptação;(…)

f) Fornecer às entidades nacionais com responsabilidade em matéria de protecção civil avisos especiais sobre situações meteorológicas e sismológicas adversas;(…)

i) Colaborar com os organismos responsáveis pela gestão dos recursos naturais, em particular os recursos hídricos;"

Assim, uma vez que as situações de seca são fenómenos de natureza meteorológica, cujas características poderão variar de acordo com o clima da região e respectiva variabilidade, o IM, I.P. enquanto entidade responsável pela vigilância climática e meteorológica, assume responsabilidades na avaliação contínua das condições de precipitação e indicação de início de uma eventual situação de seca, em coordenação com os organismos responsáveis pela GRH.

Comissão de Gestão de Albufeiras (CGA)

A Comissão de Gestão de Albufeiras é um órgão permanente de intervenção e acompanhamento da gestão de albufeiras, cujas responsabilidades são definidas pelo Decreto-Lei nº 21/98 de 3 de Fevereiro. De facto, neste documento estabelece-se que:

Art.º 1

- *"(...) a Comissão de Gestão de Albufeiras (...) tem como atribuição a coordenação do planeamento e da exploração de albufeiras;"*

Art.º 3

- *"Compete à comissão: (...)*
    - *Estabelecer o regulamento técnico que estipula as regras de elaboração dos programas de exploração e define os níveis máximos e mínimos de armazenamento das albufeiras (...);*
    - *Apreciar, avaliar e aprovar os programas de exploração das albufeiras apresentados pelas entidades responsáveis pela respectiva exploração."*

Art.º 4

- *"Em situações de emergência provocadas por iminência ou ocorrência de cheias, ou ruptura de barragens a Comissão constitui-se em Comité Permanente para tomar as medidas adequadas ao acompanhamento da situação (...)."*

Art.º 6

- *"O comité permanente é constituído pelo presidente do INAG, que preside, pelo presidente do Serviço Nacional de Protecção Civil"* (actual Autoridade Nacional de Protecção Civil)*, "pelo director-geral da Energia, pelo presidente do Instituto de Hidráulica, Engenharia Rural e Ambiente"* (actual Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural - DGADR)*, "pelo director de Serviços de Recursos Hídricos do INAG e pelo director de Serviços de Projectos e Obras do INAG."*

Art.º 8

- *"A Comissão reúne pelo menos duas vezes por ano, uma no início do ano hidrológico, (...) e outra no início da Primavera para proceder à reavaliação dos programas de exploração em face dos recursos disponíveis;"*

Tendo sido esta Comissão que, pelo acompanhamento permanente do estado das albufeiras portuguesas, despoletou, em 2005, a elaboração e implementação do Programa de Acompanhamento e Mitigação dos Efeitos da seca 2005 (CGA, 2005), apresenta-se como o organismo deliberativo que assegura o acompanhamento formal e vigilância contínuos ao surgimento de eventuais situações de seca. Refira-se ainda que, além das entidades representadas em comité permanente, as reuniões de plenário desta Comissão contam ainda com a presença de entidades como a Direcção-Geral da Autoridade Marítima, o Instituto de Meteorologia, as diferentes ARH e ainda um representante do grupo EDP (Art.º 5).

Não obstante, verifica-se que o decreto-lei que estipula as responsabilidades desta Comissão encontra-se especialmente orientado para as situações de cheias e de rupturas de barragens (tal como se pode comprovar no Art.º 4). Por estes factos, na reunião plenária de 24 de Janeiro de 2006 (CGA, 2006) ficou expressa a necessidade de revisão deste Decreto, alargando o seu objecto a todas as origens de águas, nas vertentes de cheias, secas e acidentes graves de poluição.

Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC)

Segundo a Lei nº 27/2006 de 3 de Julho, a Protecção Civil é definida como (Art.º 1) "*a actividade desenvolvida pelo Estado, Regiões Autónomas e autarquias locais, pelos cidadãos e por todas as entidades públicas e privadas com a finalidade de prevenir riscos colectivos inerentes a situações de acidente grave ou catástrofe, de atenuar os seus efeitos e proteger e socorrer as pessoas e bens em perigo quando aquelas situações ocorram*."

Neste documento é, ainda, disposto (Art.º 4) que:

"2 – A actividade de protecção civil exerce-se nos seguintes domínios:

a) Levantamento, previsão, avaliação e prevenção dos riscos colectivos;

b) Análise permanente das vulnerabilidades perante situações de risco;

c) Informação e formação das populações, visando a sua sensibilização em matéria de autoprotecção e de colaboração com as autoridades;

d) Planeamento de soluções de emergência, visando a busca, o salvamento, a prestação de socorro e de assistência, bem como a evacuação, alojamento e abastecimento das populações;(…)"

Apesar de, segundo o disposto neste documento, existir a Comissão Nacional de Protecção Civil, que assegura a coordenação em matéria de protecção civil (Art.º 36), é a Autoridade Nacional de Protecção Civil, enquanto parte integrante dessa Comissão, a entidade que tem por missão planear, coordenar e executar a política de protecção civil, designadamente na prevenção e reacção a acidentes graves e catástrofes, de protecção e socorro de populações.

Tal surge definido na Lei orgânica dessa instituição, através do Decreto-Lei nº 75/2007 de 29 de Março (Art.º 2 - ponto 1), que estipula ainda que a ANPC, em matéria de previsão e gestão de risco (Art.º 2 - ponto 2), deve:

"a) Promover o levantamento, previsão e avaliação dos riscos colectivos de origem natural ou tecnológica e o estudo, normalização e aplicação de técnicas adequadas de prevenção e socorro;

b) Organizar um sistema nacional de alerta e aviso (para os diferentes riscos);"

Em matéria de planeamento e emergência (Art.º 2 - ponto 3) a ANPC é responsável por:

"a) Contribuir para a definição da política nacional de planeamento de emergência, elaborar directrizes gerais, promover a elaboração de estudos e planos de emergência e facultar apoio técnico e emitir parecer sobre a sua elaboração por entidades sectoriais;"

Segundo o disposto nestes diplomas, poderá dizer-se que, em situação extrema, a ANPC é também uma das entidades responsáveis pela gestão de uma situação de seca, não só na componente de planeamento e de actuação em situação de emergência (nas secas mais severas), mas também na prevenção e avaliação de riscos e vulnerabilidades.

1.6 Situação em Portugal na avaliação e gestão de situações de seca e escassez

1.6.1 Avaliação e gestão de situações de seca

De acordo com o verificado no ponto 1.4, não existe um enquadramento legal específico para a avaliação e gestão de situações de seca. Como tal, para melhor compreensão de como é efectuada actualmente a avaliação e gestão de situações de seca, será descrito o processo que

foi seguido na situação mais recente de seca que afectou Portugal Continental, designada como Seca 2005, e que foi, também, utilizada para demonstrar a experiência de Portugal nesta matéria, no relatório da UE sobre planos de gestão de seca (DG Env EC, 2007a).

Em situação normal, tanto o INAG, IP como o IM, IP avaliam, de forma contínua, as condições de precipitação do país, através de ferramentas/ índices específicos. No caso do INAG, IP, é utilizado o *Standardized Precipitation Index* (SPI)[26] (Mckee *et al*, 1993) e um modelo de avaliação de secas regionais[27] (INAG, 1998), enquanto no caso do IM, IP é utilizado o *Palmer Drought Severity Index* (PDSI)[28] (Palmer, 1965; Cabrinha & Santo, 2000; WMO, 2006).

Por outro lado, além dos dados de precipitação, o INAG, IP possui ainda um Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos (SVARH) que, além das secas, versa igualmente a detecção de situações de cheias e acidentes de poluição, e que permite conhecer, em tempo quase real, o estado hidrológico dos rios e das albufeiras do país (caudais, níveis de água, volumes armazenados e parâmetros de qualidade da água) bem como informação meteorológica relevante. As estações de monitorização, automáticas e com capacidade de teletransmissão de informação, estão localizadas nos principais pontos críticos de vigilância daqueles acontecimentos (INAG, 2003).

Este é o sistema que serve de base ao Programa de Vigilância e Alerta de Situações de Seca, em prática pelo INAG (INAG, 2005) e descrito em mais detalhe em Santos & Henriques (1998), segundo o qual a vigilância das situações de seca é efectuada tendo em conta o regime pluviométrico do território continental e os períodos críticos de avaliação das reservas hídricas para determinados usos. Com essa base, são definidos, como pontos de análise periódica, os meses de Janeiro e Março, surgindo a confirmação da existência de seca ao 8º mês do ano hidrológico, ou seja, em Maio (Figura 1.19). Segundo este esquema, no final do ano hidrológico é ainda efectuada uma análise estatística da situação de seca.



Figura 1.19: Sequência do acompanhamento e avaliação da severidade de seca com base no SVARH (Santos & Henriques, 1998; INAG, 2005)

[26] Descrição mais completa no capítulo 2 (ponto 2.2.3)
[27] Idem (ponto 2.2.4)
[28] Idem (ponto 2.2.3)

Assim, quando se verificam condições de precipitação abaixo das condições normais, o IM, IP informa a Comissão de Gestão de Albufeiras, que analisa a situação, também com base nos elementos de avaliação do SVARH, particularmente no que toca ao armazenamento nas principais albufeiras nacionais e considerando estimativas das necessidades alocadas às mesmas. Se a deliberação desta Comissão for de existência de uma situação de seca, tal como sucedeu no caso da Seca de 2005 (CGA, 2005), é comunicada ao Governo a necessidade de declaração de situação de seca e de criação de um programa específico de acompanhamento e mitigação dos efeitos da mesma (DG Env EC, 2007a).

Por outro lado, no que toca à gestão de situações de seca, tal como destacado no ponto anterior[29], o Instituto da Água (INAG) é o organismo nacional com as principais responsabilidades. Porém, devido à complexidade do fenómeno de seca, a sua gestão deverá ainda envolver utilizadores dos diversos sectores, tais como o abastecimento urbano, os sectores agrícola e das florestas, da indústria, do turismo, da energia e, mesmo, do ambiente.

Nesse contexto, após declaração formal de situação de seca, e da definição e aprovação do programa de acompanhamento e mitigação dos efeitos da situação de seca em causa, deverá ser estabelecido um modelo organizacional de gestão. No caso da Seca 2005, o esquema de gestão foi estabelecido pela Resolução do Conselho de Ministros nº 83/ 2005, sendo composto por dois níveis distintos:

- Nível Político-Estratégico: Comissão para a Seca 2005;
- Nível Técnico-Operacional: Secretariado Técnico (responsabilidade do INAG).

Esse mesmo documento (RCM nº 83/2005 - ponto 2) definiu que a Comissão para a Seca 2005 era encarregue de *"acompanhar de forma permanente a situação de seca e de preparar e propor medidas de emergência a adoptar, sendo composta por representantes das entidades:*

- *Instituto da Água, que coordena;*
- *Serviço Nacional de Bombeiros e Protecção Civil* (actual Associação Nacional de Protecção Civil - ANPC)*;*
- *Instituto Regulador de Águas e Resíduos;*
- *Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte* (função actualmente desempenhada pela ARH Norte)*;*
- *Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro* (função actualmente desempenhada pela ARH Centro)*;*
- *Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo* (função actualmente desempenhada pela ARH Tejo)*;*
- *Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo* (função actualmente desempenhada pela ARH Alentejo)*;*

[29] Capítulo 1 – Enquadramento, Ponto 1.5.2 – Enquadramento Institucional

- *Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve* (função actualmente desempenhada pela ARH Algarve)*;*
- *Direcção-Geral de Geologia e Energia;*
- *Direcção-Geral da Empresa;*
- *Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica* (actual Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural - DGADR)*;*
- *Direcção-Geral dos Recursos Florestais;*
- *Gabinete de Planeamento e Política Agro-Alimentar* (actual Gabinete de Planeamento e Políticas)*;*
- *Direcção-Geral da Saúde;*
- *Instituto de Meteorologia;*
- *Águas de Portugal, SGPS, S. A.;*
- *Empresa de Desenvolvimento e Infra-Estruturas do Alqueva, S. A.;*
- *Associação Nacional dos Municípios Portugueses."*

Além das entidades referidas, foram ainda incluídas, nas reuniões desta comissão, representantes de estruturas associativas dos sectores da agricultura, da indústria e do abastecimento de água RCM nº 83/2005 - ponto 3).

Entre as actividades atribuídas à referida Comissão destacam-se (DG Env EC, 2007a):

a) Estabelecimento de níveis de severidade dos impactos de seca;

b) Criação de um sistema para contacto entre as entidades envolvidas na gestão da situação de seca e divulgação de informação;

c) Gestão da evolução da situação de seca mediante o diagnóstico regular e a identificação de medidas a adoptar.

d) Identificação das entidades responsáveis pela implementação das medidas;

e) Identificação e proposta de adopção das iniciativas de índole legislativa e orçamental que se revelem necessárias;

f) Identificação de um conjunto de medidas específicas de apoio ao prosseguimento da actividade agrícola nas zonas afectadas;

g) Identificação das medidas, preconizadas no Programa para o Uso Eficiente da Água, aplicáveis no imediato e preparação de medidas a adoptar a médio e longo prazo;

h) Activação de um grupo de emergência no seio da Comissão para a Aplicação e Desenvolvimento da Convenção (CADC) (para gestão das bacias partilhadas com Espanha).

Por sua vez, o Secretariado Técnico, sendo responsável pelos aspectos técnicos e operacionais de avaliação e gestão da situação de seca, teve como principais atribuições (RCM nº 83/2005 – ponto 7):

"a) Assegurar a produção de um relatório quinzenal de evolução da situação da seca;

b) Apreciar os pedidos dirigidos às diversas entidades que integram a Comissão solicitando apoio técnico e financeiro, (…)."

Como conclusão poderá considerar-se que a base de funcionamento deste modelo organizacional estabelecido para a situação de seca de 2005 assentou, essencialmente, na disponibilização de informação a todas as entidades responsáveis pela gestão de secas, bem como aos principais agentes económicos e ainda ao público em geral. A avaliação de seca foi sempre efectuada em tempo real, em relatórios quinzenais, incluindo a quantificação das disponibilidades ao nível do escoamento em rios, reservas em albufeiras e níveis das águas subterrâneas, sendo definidos diferentes níveis de prioridade na satisfação dos diferentes sectores utilizadores e, ainda, eventuais restrições. De igual forma foram sistematizados os principais impactos ocorridos, bem como as medidas adoptadas segundo cada sector utilizador.

Por último, o Secretariado Técnico efectuou ainda uma série de contactos próximos das entidades representativas dos diferentes sectores utilizadores, de forma a avaliar e quantificar, as medidas necessárias para colmatar as perdas devidas à situação de seca, inclusivamente do ponto de vista económico (DG Env EC, 2007a).

Do funcionamento da Comissão para a Seca 2005 resultaram muitos dados relevantes, tanto para sistematização de procedimentos na gestão de situações de seca, como para a identificação das principais falhas/ lacunas e proposta de melhoramentos para futuro. Nestas últimas destacam-se as apresentadas no relatório de balanço da Comissão para a Seca 2005, de 31 de Dezembro de 2005 (CPS, 2005):

- criação de um sistema integrado de previsão e gestão das situações de seca (que permita agregar a informação das diferentes origens de água e conjugar com as características das utilizações nas diferentes regiões em avaliação);
- estabelecimento de um sistema de informação fiável das disponibilidades em todas as origens de água (superficiais e subterrâneas) e o conhecimento das principais utilizações existentes para os diversos fins, em termos de quantidades e de distribuição temporal;
- maior promoção do uso eficiente da água.

1.6.2 Avaliação e gestão de situações de escassez

De acordo com o contexto legal e institucional descrito[30], os principais instrumentos que abrangem a avaliação e gestão de situações de escassez são os planos hidrológicos, previstos na Lei da Água (Lei nº 58/2005 de 29 de Dezembro), nomeadamente o Plano Nacional da Água, tendo como principais objectivos estipular as linhas gerais da gestão de recursos hídricos para o país, e os planos de bacia hidrográfica, para assegurar a gestão, protecção e valorização das águas atendendo às especificidades das diferentes regiões hidrográficas. As novas versões destes instrumentos, incorporando os princípios da DQA encontram-se ainda, em Portugal, em fase de elaboração[31], impossibilitando a análise de como serão atendidos os aspectos de

[30] Ponto 1.5– Enquadramento legal e institucional

[31] À data da análise mais recente desta matéria – Junho de 2010.

avaliação da escassez, nomeadamente na componente de avaliação quantitativa (como por exemplo através da utilização de indicadores/ índices) e na definição e avaliação de cenários de planeamento de longo prazo. De igual forma, também não é conhecido se, e como será efectuada, a avaliação da influência das situações de seca na importância e desenvolvimento de situações de escassez.

Não obstante, tomando como exemplo os planos actualmente em vigor (Plano Nacional da Água - Decreto-Lei nº 112/2002 de 17 de Abril e Plano de Bacia Hidrográfica do Guadiana - Decreto-Lei 16/2001 de 5 de Dezembro), verifica-se uma discrepância nos critérios de base seguidos para avaliação quantitativa da escassez de água nos dois tipos de planos. De facto, se, em qualquer dos casos, a escassez é avaliada pelo balanço hídrico anual entre as necessidades e disponibilidades, e a forma como essas componentes são avaliadas varia significativamente.

No Plano Nacional da Água a disponibilidade hídrica é estimada como a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração real, sendo, à escala anual e de bacia hidrográfica, sensivelmente idêntico ao escoamento em regime natural. É considerado que, de um modo geral, a maioria dos aquíferos não têm capacidade de regularização interanual do escoamento, isto é, toda a recarga de um dado ano hidrológico contribui para escoamento fluvial nesse mesmo ano (INAG, 2001a). Por outro lado, dada a variabilidade interanual dessas mesmas disponibilidades, o balanço é efectuado entre as necessidades anuais e as disponibilidades segundo diferentes níveis de garantia quantificados pelos percentis 10, 20 e 50, isto é, os níveis de disponibilidades igualados ou superados em 90%, 80% e 50% dos anos respectivamente, admitindo que tal permite incluir a componente de armazenamento nas albufeiras (INAG, 2001a).

No Plano de Bacia Hidrográfica do Guadiana (área de estudo da presente tese), as disponibilidades hídricas efectivamente utilizáveis são avaliadas de forma distinta para as águas superficiais e para as águas subterrâneas. No caso das águas superficiais as disponibilidades são estimadas tomando por base a capacidade de regularização das albufeiras existentes (públicas e privadas), enquanto no caso das águas subterrâneas, as disponibilidades foram estimadas considerando que correspondem ao dobro do valor estimado para o volume extraído anualmente a partir das captações subterrâneas inventariadas, admitindo que existiria um número de captações bastante superior ao valor inventariado (INAG, 2001).

No que toca à avaliação das necessidades verifica-se, mais uma vez, uma diferença significativa na ordem de grandeza dos valores considerados, sendo o valor considerado, pelo Plano Nacional da Água, para a bacia do Guadiana, superior ao dobro do valor correspondente determinado no Plano de Bacia Hidrográfica. Não obstante, é expressamente referido que a avaliação do Plano Nacional da Água teve por base uma reavaliação dos valores correspondentes obtidos nos planos de bacia hidrográfica, nomeadamente no que diz respeito aos volumes de água para o sector agrícola, de modo a reflectir as necessidades estimadas pelo IHERA (actual Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural - DGADR), fruto da disponibilização de resultados do Recenseamento Geral Agrícola, de 1999, entre a elaboração dos planos de bacia (INAG, 2001) e o Plano Nacional da Água (INAG, 2001a).

Em relação à definição e avaliação dos cenários de longo prazo é referido, no Plano Nacional da Água, que os horizontes de planeamento são definidos de forma a serem retirados resultados económicos e ambientais optimizados, tendo em conta a vida útil dos equipamentos,

a evolução da procura, o período de vigência do próprio plano (10 anos) e, ainda, os horizontes de planeamento dos planos espanhóis. Nesse sentido, são definidos como horizontes de curto, médio e longo prazo os períodos de 6, 12 e 20 anos, respectivamente (INAG, 2001a).

Por outro lado, no que diz respeito à definição dos cenários de evolução socioeconómicos, base da avaliação da procura, foi considerada a análise das tendências para os horizontes temporais definidos em variáveis fundamentais como a evolução demográfica, a evolução das áreas de rega e, ainda, o produto das actividades económicas, actualizando e harmonizando os cenários já considerados nos planos de bacia hidrográfica (INAG, 2001a). Os cenários de disponibilidades foram determinados a partir de cenários climáticos determinados por modelos climáticos globais, incorporando já uma estimativa de potenciais Alterações Climáticas, nomeadamente por consideração dos primeiros resultados do projecto SIAM – *Scenarios, Impacts and Adaptation Measures* (SIAM, 2002), os quais serviram de *input* a modelos de simulação hidrológica para quantificação das disponibilidades em regime natural e para a avaliação do balanço hídrico por comparação das disponibilidades segundo diferentes graus de garantia, face a diferentes cenários de evolução da procura (INAG, 2001a).

1.7 Referências bibliográficas

ALSTON, M., KENT, J. (2004), *Social impacts of Drought – A report to NSW Agriculture*, Centre for Rural Social Research, Charles Stuart University, ISBN 1 86467 149 1.

BARRY, R., CHORLEY, R. (1992), *Atmosphere, Weather and Climate*, 6th edition, Routledge, Reino Unido, ISBN 0 415 07761 3, pp 92 – 93.

BELOW, R., GROVER-KOPEC, E., DILEY, M. (2007), *Documenting Drought-Related Disasters: A Global Reassessment*, The Journal of Environment Development, Volume 16, Número 3, 328-344, SAGE publications, DOI: 10.1177/1070496507306222.

BISWAS, A.K. (1997), *Water Development and Environment* em Water Resources – Environmental Planning, Management and Development (Biswas, A. (ed)), McGraw-Hill, EUA, ISBN 0-07-005483-5, pp 1-35.

CABRINHA, V., SANTO, F.E. (2000), *Drought tendencies in mainland Portugal*, in Actas do Expert Group Meeting *Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management* ocorrido entre 5 e 7 de Setembro de 2000, WMO, Lisboa, Portugal.

CADC (2007), *Convenção CADC Albufeira*, Site oficial da Comissão para a Aplicação e o Desenvolvimento da Convenção sobre a Cooperação para a Protecção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas, disponível online em http://www.cadc-albufeira.org/pt/index.html (consulta mais recente em Junho de 2010).

CEC (2007), *Communication from the commission to the European Parliament and the Council - Addressing the challenge of Water Scarcity and Droughts in the European Union*, Commission of the European Communities, Brussels.

CEC (2007a), *Green Paper from the Commission to the Council, the European Parliament*, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Adapting to climate change in Europe – options for EU action {SEC(2007) 849}, Commission of the European Communities, Brussels.

CEC (2009), *Commission Staff Working Document accompanying the White Paper – Adapting to Climate Change*: *Towards a European framework for action: Climate Change and Water, Coasts and Marine Issues* {SEC(2009) 387/388}, Commission of the European Communities, Brussels.

CEC (2010), *Second follow up report to the Communication on Water Scarcity and Droughts in the European Union COM (2007) 414 final*, Report from the Commission to the Council and the European Parliament, COM (2010) 228 final, Commission of the European Communities, Bruxelas.

CEC (2010a), *Accompanying document to the Second follow up report to the Communication on Water Scarcity and Droughts in the European Union COM (2007) 414 final*, Report from the Commission to the Council and the European Parliament, SEC(2010) 573, European Commission, Bruxelas.

CECH, T.V. (2005); *Principles of Water Resources – History, Development, Management and Policy*, 2ª edição, Wiley International, EUA, ISBN 0471-65810-3.

CGA (2005), *Acta da reunião plenária de 31 de Janeiro de 2005*, Comissão de Gestão de Albufeiras, 2005, disponível online em [http://www.inag.pt/inag2004/port/divulga/actualidades/seca/ACTA_REUNIAO_Comissao_31JAN2005.pdf].

CGA (2006), *Acta da reunião plenária de 24 de Janeiro de 2006*, Comissão de Gestão de Albufeiras, 2006, disponível online em [http://www.inag.pt/inag2004/port/divulga/actualidades/seca/relatoriosMensais/ActaCGA_24Jan2006.pdf].

CPS (2005), *Relatório de Balanço da Seca 2005*, Comissão para a Seca 2005, INAG, Janeiro de 2005, disponível online em [http://www.inag.pt/inag2004/port/divulga/actualidades/seca/relatorioBalanco.pdf].

CUTTER, S., FINCH, C. (2008), *Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards,* Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol.105, nº7, pp 2301-2306.

DG ENV EC (2006); *Water Scarcity & Droughts – In-depth assessment, First Interim Report,* Directorate General Environment, European Commission, Bruxelas.

DG ENV EC (2007); *Water Scarcity & Droughts – In-depth assessment, Second Interim Report,* Directorate General Environment, European Commission, Bruxelas.

DG ENV EC (2007a); *Drought Management Plan Report – Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects*, Water Scarcity and Droughts Experts Network, Directorate General Environment, European Commission, Bruxelas.

DING, Y., HAYES, M., WILDHAM, M. (2010), *Measuring Economic Impacts of Drought: A review and Discussion*, Paper in Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln, disponível online em http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1198&context=natrespapers

DINGMAN, S.L. (2002); *Physical Hydrology*, 2ª edição, EUA, ISBN 1-5766-561-9.

EEA (2009), *Water Resources across Europe – confronting water scarcity and drought*, Environmental European Agency report no 2/2009, Dinamarca, ISBN 978-92-9167-989-8.

EEA (2009a), *Water Scarcity and Droughts: Towards a European Water Scarcity and Droughts Network (WSDN)*, European Topic Centre on Water, European Environment Agency, disponível online em: http://water.eionet.europa.eu/ETC_Reports/GapAnalysis_WSD_13.07.2009_v3.pdf

ESTRELA, T., FIDALGO, A., PÉREZ, M. (2006), *Droughts and the European water framework directive: Implications on Spanish river basin districts*, em Andreu, J., Rossi, G., Vagliasindi, F., Vela, A. (eds), *Drought Management and Planning for Water Resources*, Taylor & Francis Group, ISBN 1 56670 672 6, pp 169-191;

GWP (2000), *Integrated Water Resources Management*, Global Water Partnership, Technical Advisory Committee, TAC Paper 4, Stockholm, ISBN 91-630-9229-8.

HAYES, M., SVOBODA, M., LE COMTE, D., REDMOND, K., PASTERIS, P. (2005), *Drought Monitoring: New tools for the 21st Century*, em Wilhite, D. (ed.), *Drought and Water Crises – Science, Technology and Management issues*, Taylor & Francis, ISBN 0 847 2771 1, pp 53-69.

HAYES, M., WILHELMI, O., KNUTSON, C. (2004), *Reducing the Drought Risk: Bridging Theory to Practice*, Natural Hazards Review, ASCE, Vol.5, nº2, pp 106-113.

IGLESIAS, A., MONEO, M., QUIROGA, S. (2009), *Methods for evaluating social vulnerability to drought,* capítulo editado em Iglesias, A., Garrote, L., Cancelliere, A., Cubillo, F., Wilhite, D. (eds), *Coping with Drought Risk in Agriculture and Water Supply Systems*, Advances in Natural and Technological Hazards Research 26, Springer, ISBN 978-1-4020-9044-8, pp 153-159.

INAG (1998), *Metodologias de caracterização de secas regionais*, Direcção de Serviços de Recursos Hídricos, Divisão de recursos superficiais, INAG, disponível online em [http://snirh.inag.pt/snirh/download/relatorios/dsrh_M4.pdf].

INAG (2001), *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana*, Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Portugal.

INAG (2001a), *Plano Nacional da Água*, Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Portugal.

INAG (2003), *Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos*, Direcção de Serviços de Recursos Hídricos, Instituto da Água, Ministério das Cidades, do Ordenamento do Território e Ambiente, disponível online em [http://snirh.pt/snirh/download/relatorios/svarh_out2003.pdf].

INAG (2005), *Análise prévia do período seco do início do ano hidrológico de 2004/05, feita em Janeiro de 2005*, INAG, Direcção de Serviços de Recursos Hídricos, disponível online em [http://snirh.inag.pt/snirh/download/relatorios/seca2005.pdf].

IPCC (2007), *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneve, Switzerland, 104 pp.

IPCC (2008), *Climate Change and Water*, Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, (eds), Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 2008, 210 pp, ISBN 978-92-9169-123-4.

KALMA, J.D., FRANKS, S.W. (2003); *Rainfall in arid and semi-arid regions*, capítulo editado em Simmers, I. (ed), *Understanding Water in a Dry Environment – Hydrological processes in arid and semi-arid zones*, The Netherlands, ISBN 90 5809 618 1, pp 15 – 56.

KÖPPEN, W. (1918), *Klassifikation der Klimate nach Temperature, Niederschlag und Jahresverlauf* (Classificação dos climas mundiais de acordo com os ciclos anuais de temperatura e de precipitação), Petermann, Geogr.Min. 64.

KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B. and RUBEL, F. (2006): *World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated*. Meteorol. Z., 15, 259-263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130, disponível online em http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/ (consultado em Setembro de 2009).

KRAEMER, R. (2007), *Economic Impact of Droughts: Challenges for Water & Environmental Policies*, Water Scarcity and Drought - a Priority of the Portuguese Presidency, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, ISBN 978-989-8097-08-8, pp 61-88.

LANDSBERG, H.E., SCHLOEMER, R.W. (1967); *World climatic regions in relation to irrigation*. Em: R.M. Hagan, H.R. Haise e T.W. Edminster (eds), *Irrigation of Agricultural Lands*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp 25-32.

LENCASTRE, A., FRANCO, F.M. (1984), *Lições de Hidrologia*, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.

LNEC, ISA (2001), *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água – Versão preliminar*, Estudo elaborado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil com o apoio do Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

LOUKA, E. (2008), *Water Law & Policy – Governance without frontiers*, Oxford University Press, EUA, ISBN 978-0-19-537413-1.

MAIA, R. (2000), *Portuguese-Spanish River Basins: Bilateral Agreements' Evolution and Context,* Water Science & Technology "Environmental Challenges for the Next Millennium", IWA Publishing, Vol. 42, N1-2.

MAIA, R. (2003), *Iberian Peninsula's Shared Rivers Harmonization of Use: A Portuguese Perspective*, Water Management in the Iberian Peninsula, IWRA, Water International, Vol. 28 (3), pp 389-397.

MAOTDR (2007), *Water Scarcity and Droughts – A priority of the Portuguese Presidency*, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, Portugal, ISBN 978-989-8097-08-8.

MATALAS, N. (1991), *Drought description*, Stochastic Hydrology and Hydraulics, Springer-Verlag, 5, pp 255-260

MCKEE, T.B., DOESKEN, N.J., KLEIST, J. (1993). *The relationship of drought frequency and duration of time scales*. Eight Conference on Apllied Climatology, American Meteorological Society, Jan 17-23, Anaheim CA, pp. 179-186.

MEA (2005), *Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosytems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC, ISBN 1-59726-040-1.

MENDES, J. (2008), *Linhas para a elaboração de um plano de minimização dos riscos de seca em zonas com escassez de recursos hídricos. O caso da margem esquerda do Guadiana*, Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, Porto, Portugal.

NEWSON, M. (1997), *Land Water and Development – sustainable management of river basin schemes*, 2ª edição, Routledge, Reino Unido, ISBN 0-415-15566-1.

PALMER, W.C. (1965), *Meteorologic Drought*, U.S. Weather Bureau, Research Paper 45, 65 pp.

PEREIRA, L.S. (2007), *Drought Impacts in agriculture: Water conservation and water saving practices and management*, capítulo editado em Rossi, G., Vega, T., Bonaccorso, B. (eds), *Methods and tools for Drought Analysis and Management*, Springer, ISBN 978-1-4020-5923-0, pp 349-373.

PNUEA (2007), *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água – Relatório da 1ª Fase*, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, Ministério da Economia e Inovação, Ministério da Administração Interna, Ministério da Educação, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.

PNUEA (2009), *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água – Relatório da 2ª Fase*, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, Ministério da Economia e Inovação, Ministério da Administração Interna, Ministério da Educação, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.

RAPOSO, J.R. (1996), *A Rega – Dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega*, Fundação Calouste Gulbenkian – Serviço de educação, Portugal, ISBN – 972-31-0709-0.

SANTOS, M.J., HENRIQUES, A.G. (1998), *Procedimentos para a monitorização de secas*, Comunicação publicada em actas do 4º Congresso da Água, Lisboa, disponível online em [http://www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/032.pdf].

SARTORE, G., KELLY, B., STAIN, H. (2007), *Drought and its effect on mental health – How GPs can help*, Australian Family Physician, Vol.36, nº 12, pp 990-993.

SHIKLOMANOV, I.A, SOKOLOV, A.A (1983); *Methodological basis of world water balance investigation and computation;* New Approaches in Water Balance Computations (Proceedings of the Hamburg Workshop, August 1983). IAHS Publ. no. 148.

SIAM (2002), *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – SIAM Project*, F.D.Santos, K.Forbes, R.Moita (eds), Gradiva, Lisboa, Portugal.

SIAM II (2006), *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – SIAM Project II*, F.D.Santos, and P. Miranda (eds), Gradiva, Lisboa, Portugal, ISBN 9896160813.

SIMMERS, I. (2003), *Hydrological Processes and water resources management,* capítulo editado em Simmers, I. (ed), *Understanding Water in a Dry Environment – Hydrological processes in arid and semi-arid zones*, The Netherlands, ISBN 90 5809 618 1, pp 1 – 14.

SINGH, V.P. (1992); *Elementary Hydrology*, Prentice-Hall, Inc, EUA, ISBN 0-13-249384-5.

STAHL, K., HISDAL, H. (2004), *Hydroclimatology,* em Tallaksen, L., Van Lanen, H. (eds), *Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*, Elsevier, The Netherlands, ISBN 0 444 51767 7, pp. 19-52.

TALLAKSEN, L., VAN LANEN, H. (2004), *Introduction,* em Tallaksen, L., Van Lanen, H. (eds), *Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*, Elsevier, The Netherlands, 2004, ISBN 0 444 51767 7, pp. 3-17.

TSAKIRIS, G., LOUKAS, A., PANGALOU, D., VANGELIS, H., TIGKAS, D., ROSSI, G., CANCELLIERE, A. (2007); *Chapter 7 Drought Characterization*, em Iglesias, A., Cancelliere, A., Gabiña, D., López-Francos, A., Moneo, M., Rossi, G., (eds) *Drought Management Guidelines*, European Commission – EuropeAid Co-operation Office, Euro-Mediterranean Regional Programme for Local Water Management (MEDA Water) e Mediterranean Drought Preparedeness and Mitigation Planning (MEDROPLAN).

UN (2008), *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision*, United Nations Department of Social and Social Affairs/ Population Division, Working Paper No ESA/ P/ WP/ 205, EUA.

UN (2009), *World Population Prospects: The* 2008 Revision, Highlights, United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Working Paper No. ESA/P/WP.210, EUA.

UNDP (2006), *Human Development Report 2006 - Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis, Chapter 3 – Vast deficit in sanitation*, United Nations Development Programme, EUA, ISBN 0-230-50058-7.

UNEP (2006), *Challenges to International Waters; Regional Assessments in a Global Perspective*, United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya, ISBN 91-89584-47-3.

VIVAS, E., MAIA, R. (2007), *A problemática da Gestão de Situações de Seca e Escassez e o caso da Bacia do Guadiana*, Actas das Iªs Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Porto, Portugal, 2006, FEUP, ISBN 978-989-95557-0-9.

VIVAS, E., MAIA, R. (2008), *Avaliação de Situações de Seca e Escassez de Água em Portugal Continental. Utilização de Indicadore*s, Actas do 9º Congresso da Água com o tema "Água: desafios de hoje, exigências de amanhã", Estoril, Portugal, APRH, ISBN 978-97299991-5-4.

VIVAS, E., MAIA, R. (2010), *A Gestão de Escassez e Secas Enquadrando as Alterações Climáticas*, Revista Recursos Hídricos, Vol. 31, Nº 1, 25-37, Março, APRH, ISSN 0870-1741.

VIVAS, E., SILVA, C, CORREIA, L., MAIA, R. (2010), *Definição de unidades de análise para prevenção, avaliação e gestão de situações de seca. Aplicação ao caso da bacia do rio*

Guadiana, em Actas da Conferência 10º Congresso da Água "Marcas d'Água", Algarve, Março de 2010, ISBN 978-972-99991-9-2.

WILHITE, D., BUCHANAN-SMITH, M. (2005), *Drought as Hazard: Understanding the Natural and Social Context*, em Wilhite, D. (ed.), *Drought and Water Crises – Science, Technology and Management issues*, Taylor & Francis, ISBN 0 847 2771 1, pp 3-29.

WILHITE, D., SVOBODA, M., HAYES, M. (2007), *Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness*, Water Resources Management, 21, pp 763-774.

WMO (2006), *Drought monitoring and early warning: concepts, progress and future challenges*, Weather and Climate information for sustainable agricultural development, World Meteorological Organization, ISBN 92-63-11006-9.

WSDG (2006), *Water Scarcity Management in the Context of WFD*, Water Scarcity Drafting Group, MED Joint Process WFD /EUWI, Salzburg, disponível online em [http://www.semide.net/media_server/files/y/s/8a_-_Water_Scarcity_Report_1.pdf].

WWAP (2003), *The United Nations World Water Development Report: Water for People, Water for Life*, Paris, UNESCO, e New York: Berghahn books, UNESCO ISBN: 92-3-103881-8.

WWAP (2006), *The United Nations World Water Development Report 2: Water a Shared Responsibility*, Paris, UNESCO, e New York: Berghahn books, UNESCO ISBN: 92-3-104006-5.

WWAP (2009), *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*, Paris, UNESCO, and London: Earthscan, UNESCO ISBN: 978-9-23104-095-5.

2. Revisão bibliográfica e estado do conhecimento

2.1 Introdução

Tal como devidamente conceptualizado no capítulo anterior[32], secas e escassez de água correspondem a dois fenómenos distintos.

De facto, uma seca corresponde a uma situação transitória decorrente de causas naturais (défice de precipitação) que, não obstante a sua lenta evolução, pode atingir consequências desastrosas. Atendendo à natureza específica deste fenómeno a sua gestão deverá ser enquadrada no âmbito da análise e gestão de risco e devidamente moldada às características da região (vulnerabilidades). Por outro lado, no que toca às situações de escassez, a sua abrangência temporal é consideravelmente mais vasta, resultando da intensificação do uso da água devido às actividades humanas. A gestão deste tipo de situações deverá, assim, ser parte integrante do planeamento geral da gestão de recursos hídricos, levado a cabo à escala decenal.

As situações de seca podem levar à ocorrência de impactos muito significativos, em especial em regiões como o sul da Europa. Tal deve-se não só às características do clima, tendencialmente semiárido[33] e com episódios de seca frequentes, mas também à intensificação da utilização da água (potenciando problemas de escassez), como resultado dos prolongados períodos estivais, com muitas horas de sol diárias e temperaturas elevadas (DG Env EC, 2007; Iglesias *et al*, 2009a). Os sectores com impactos mais relevantes acabam por ser a agricultura, devido às condições favoráveis ao desenvolvimento de algumas culturas, com áreas consideráveis de solos férteis e longos períodos de insolação, e o Turismo, fruto da localização geográfica privilegiada procurada por visitantes de todo o mundo (zona costeira, com grande extensão banhada pelo mar Mediterrâneo).

[32] Ver ponto 1.3.1 – Conceitos e definições de base
[33] Idem

Assim, é necessário atender que, não obstante tratarem-se de fenómenos distintos, com causas específicas bem diferenciadas, secas e escassez conduzem a um agravamento dos impactos sobre os recursos hídricos e respectivas utilizações, tornando-se fundamental que a gestão desses recursos tenha em devida atenção os dois tipos de situações.

Para situações similares de redução de precipitação face ao normal, numa dada região e período em questão (seca), os impactos resultantes serão tanto mais significativos quanto mais relevantes e intensas forem as utilizações existentes na área afectada (escassez). Por outro lado, a ocorrência frequente de situações de seca poderá despoletar uma sobreexploração dos recursos (em especial de sistemas aquíferos, caso existam na região) e fomentar futuros problemas de escassez, mesmo depois de repostos os níveis de precipitação para condições normais ou acima da média.

Como tal, o esforço de prevenção e preparação na gestão de secas, bem como de previsão e mitigação dos seus potenciais impactos, deverá ser consideravelmente superior nas regiões onde se verifiquem situações de escassez. Por outro lado, como as secas tendem a agravar os problemas de escassez, deverão identificar-se as principais causas subjacentes, potenciando a aplicação de medidas para a resolução ou minimização desses problemas.

Com esse duplo objectivo, será feita, no presente capítulo, uma avaliação do estado do conhecimento e dos principais desenvolvimentos a nível mundial, efectuando uma revisão, de forma diferenciada, dos principais instrumentos de apoio à gestão e avaliação de situações de seca e de situações de escassez.

2.2 Desenvolvimentos na avaliação e gestão de situações de seca

Procurando caracterizar o estado do conhecimento nesta matéria, será feita uma descrição das experiências mais relevantes, a nível mundial, na utilização de ferramentas e metodologias de avaliação e gestão de secas, nomeadamente no planeamento e gestão deste tipo de situações (ponto 2.2.1), na avaliação e gestão de riscos (ponto 2.2.2), bem como na avaliação quantitativa (indicadores/índices) de situações de seca (pontos 2.2.3 e 2.2.4). É importante realçar que os exemplos descritos foram seleccionados, quer pela relevância científica, quer pela experiência existente na sua utilização, destacando as respectivas potencialidades e limitações. Para isso é, ainda, avaliada a adaptabilidade dos mesmos aos objectivos do presente trabalho e, também, à realidade de Portugal e da Península Ibérica.

2.2.1 Experiência a nível mundial no planeamento e gestão de situações de seca

No que toca às políticas de planeamento e gestão de situações de seca deverá destacar-se o papel dos EUA como um dos países despoletadores da crescente importância dada a esta temática, conseguida, principalmente, pelo desenvolvimento de planos de gestão de seca e de sistemas de alerta precoce.

Mais orientados para a realidade Europeia são destacados os resultados obtidos no âmbito de um projecto de investigação científica – MEDROPLAN (MEDROPLAN, 2007), levado a cabo em países situados na orla mediterrânica, procurando sistematizar um conjunto de boas práticas para uma maior preparação e prevenção na gestão de situações de seca.

Por fim, será descrita, com algum pormenor, a política Espanhola de avaliação e gestão secas, fundada em planos específicos de gestão de seca e num sistema de avaliação hidrológica, devidamente adaptados às características da Península Ibérica. Sendo considerado um dos exemplos mais relevantes a nível Europeu, proporcionou um importante apoio na definição das orientações gerais da política de planeamento e gestão de secas da UE (DG Env EC, 2007a).

2.2.1.1 Experiência dos Estados Unidos da América

Considerando os principais desenvolvimentos na gestão de secas, a nível mundial, salienta-se o exemplo dos EUA, cujo processo de implementação da política actual (gestão de risco, em detrimento da gestão de crise) remonta ao ano de 1998[34], embora tenha sido despoletado há mais de 20 anos (USACE, 1995).

De facto, merece especial realce o esforço e os desenvolvimentos levados a cabo pelas instituições dos EUA na operacionalização e sistematização da gestão deste tipo de situações. Segundo dados apresentados por Wilhite *et al* (2005), embora ocorram frequentemente situações de seca nos EUA, havendo estimativas que apontam para perdas anuais na ordem dos 6 a 8 mil milhões de dólares, a gestão de secas seguiu tradicionalmente, uma abordagem reactiva à ocorrência de impactos, em especial através da disponibilização de subsídios e apoios para as áreas mais afectadas. Verificou-se, também, que essa abordagem resulta ineficaz, podendo, até, ter contribuído para um aumento da vulnerabilidade, uma vez que tende a aumentar a dependência das ajudas governamentais e pode encorajar à manutenção de políticas desadequadas (Wilhite *et al*, 2005). Por estes factos tem sido dada especial atenção ao estudo e desenvolvimento científico em torno das situações de seca, procurando proporcionar um melhor apoio ao processo de Tomada de Decisão, tanto ao nível do conhecimento sobre as causas e factores relacionados, como dos seus efeitos sobre a sociedade humana.

A abordagem de prevenção e minimização deste tipo de impactos teve início nos estados da zona oeste dos EUA, historicamente mais afectados por secas, com a elaboração de planos de seca, por iniciativa estadual (USACE, 1995). A principal finalidade dos planos de seca passa pelo aumento da eficiência na preparação e alocação de meios de resposta, fomentando uma melhor monitorização e alerta, a avaliação prévia de riscos e impactos e a adopção de medidas preventivas e de mitigação dos impactos de seca (USACE, 1995; Wilhite *et al*, 2005).

Foi nesse contexto que nasceu, em 1995, o *National Drought Mitigation Center*[35], integrado na Universidade de *Nebraska-Lincoln*, e que tem, no fundo, liderado os principais desenvolvimentos na temática a nível mundial. As suas principais actividades incluem a manutenção de uma base de informação e do portal de secas, incluindo a participação na

[34] *National Drought Policy Act of 1998 – Public Law 105-199 (Appendix A), July 16, 1998*
[35] http://drought.unl.edu/

preparação do *U.S. Drought Monitor*[36], entre outros (NDMC, 2009). Este centro, em colaboração com o *Western Drought Coordination Council*, esteve na origem da definição de uma metodologia de avaliação e redução dos riscos de seca (Knutson *et al*, 1998), estabelecida posteriormente, através dos designados 10 passos do processo de planeamento de secas, globalmente aceites e seguidos a nível mundial (Wilhite *et al*, 2005a):

Passo 1: Designar uma comissão específica para as situações de seca.

Passo 2: Definir os objectivos para o plano de gestão de secas.

Passo 3: Envolver as partes interessadas (*stakeholders*[37]) e resolver os conflitos.

Passo 4: Avaliar os recursos existentes e identificar os principais grupos em risco.

Passo 5: Elaborar o plano de gestão de secas.

Passo 6: Identificar as necessidades de investigação e colmatar as falhas institucionais.

Passo 7: Integrar a componente científica com a componente política.

Passo 8: Divulgar o plano de gestão de secas e fomentar a consciencialização do público.

Passo 9: Desenvolver programas de formação.

Passo 10: Avaliar e rever os planos de gestão de secas.

Não obstante, apesar dos esforços assumidos quer a nível científico, quer a nível estadual, apenas em 1998 foi aprovado no Congresso norte-americano, o designado *National Drought Policy Act* (*Public Law* 105-199) que estabeleceu uma comissão (*National Drought Policy Commission*) com vista à elaboração de recomendações na criação de uma política federal integrada e coordenada. Esta comissão apresentou um relatório (NDPC, 2000), no qual se destacavam como princípios base:

- A incorporação de planos e da gestão de risco, bem como a adopção proactiva de medidas de mitigação;
- Uma maior colaboração entre os decisores e a comunidade científica;
- O desenvolvimento e incorporação nos planos de seca de uma estratégia integrada de aplicação de seguros e financiamentos;
- A manutenção de uma rede de apoios de emergência;
- A coordenação de programas de resposta efectiva e orientada aos utilizadores.

Este relatório deu origem à introdução, no Congresso dos EUA, em 2005, de um documento legal, o *National Drought Preparedness Act* (HR 1386), que não chegou a ser aprovado, e cujo objectivo principal era o de fomentar uma maior preparação para as situações de seca, proporcionar os esforços de resposta e de mitigação necessários, bem como autorizar a criação do *National Drought Council* para apoio e coordenação das actividades de planeamento e preparação para as situações de seca entre as diferentes entidades, desde o nível das

[36] Este produto será analisado em mais detalhe no ponto 2.2.4.

[37] Partes interessadas e/ou afectadas pela gestão de recursos hídricos.

comunidades ao Governo Federal, passando pelos níveis locais e estaduais, nomeadamente através da elaboração de um plano de acção para a implementação de uma política nacional de seca.

O referido documento previa, também, o desenvolvimento de um sistema integrado de monitorização das situações de seca, sistema esse que foi efectivamente desenvolvido a partir do *National Integrated Drought Information System Act* (*NIDIS Act*), aprovado e implementado no ano de 2006 (*Public Law* 109-430). Esse documento apresentou como principal objectivo o desenvolvimento de um sistema de alerta precoce de situações de seca:

- integrado, de recolha e agregação de informação de indicadores chave, permitindo a realização de previsões, bem como a avaliação das condições actuais e da severidade dos impactos respectivos;
- que permita a comunicação contínua das previsões e avaliações aos decisores (ao nível federal, estadual, local e das comunidades), sector privado e público em geral;
- que incorpore dados actualizados e produtos que permitam reflectir as diferenças locais, regionais e estaduais em condições de seca.

Liderada pelo *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), e correspondendo a uma iniciativa conjunta daquela instituição, com a *Western Governors' Association*[38] e com o *National Drought Mitigation Center* (Hayes *et al*, 2005), a implementação do NIDIS foi levada a cabo através da consolidação e agregação de dados de natureza física/ hidrológica, bem como de impactos socioeconómicos. Para tal inclui algumas das ferramentas e informação disponibilizadas por várias instituições, a integração das redes de observação, os contributos das pessoas afectadas pela seca e a disponibilização interactiva de informação através de um portal[39] (Koblinsky & Wilhite, 2007), representado na Figura 2.1.



Figura 2.1: Aspecto do *National Integrated Drought Information System* (NIDIS, 2010)

[38] http://www.westgov.org/
[39] http://www.drought.gov/

Contando com a colaboração de um vasto número de entidades oficiais, incluindo os *US Departments of Agriculture*, *Commerce*, *Energy*, *Interior*, *Transportation* e *Homeland Security*, e passando ainda pelo *US Army Corps of Engineering* (USACE), *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e *Environmental Protection Agency* (EPA), entre outras (NIDIS, 2010), pretendeu-se, com este sistema, obter um melhoramento, não só das técnicas de monitorização e previsão de secas, mas também da forma como a informação existente poderá apoiar o processo de tomada de decisão dos principais decisores (Hayes *et al*, 2005). Para tal, o portal de secas é parte de um sistema interactivo que assume como principais objectivos (NIDIS, 2010):

- Permitir um alerta precoce de situações de seca emergentes e a previsão de secas futuras;
- Tratamento e controlo de qualidade dos dados relativos à situação de seca e aos modelos de base utilizados;
- Disponibilizar informação relativa a riscos e impactos de seca a diferentes entidades e *stakeholders*;
- Disponibilizar informação relativa a situações de seca passadas para comparação com as situações actuais;
- Explicitar o processo de planeamento e de gestão de situações de seca;
- Providenciar um fórum de discussão aberto a diferentes *stakeholders*, para assuntos relacionados com situações de seca.

O NIDIS agrega informação proveniente de diversas redes de monitorização e bases de dados e sistematiza, nos tópicos da página principal do *U.S. Drought Portal*, o acesso directo a 3 elementos principais: o *US Drought Monitor*, o *Seasonal Drought Outlook* e o *Drought Impact Reporter* (Koblinsky & Wilhite, 2007).

O *US Drought Monitor*[40] corresponde a uma avaliação semanal da situação de seca para a globalidade dos EUA, tendo por base uma avaliação integrada de diferentes tipos de indicadores e resultando num mapa que apresenta a classificação da severidade de seca, atendendo, não só a informação de base climática e hidrológica, mas incorporando também a avaliação e experiência dos principais especialistas e gestores de recursos hídricos de todo o país, de modo a reflectir os reais impactos verificados a nível local e regional (Hayes *et al*, 2005).

Em paralelo, com base na experiência acumulada dos EUA e em proveitosas sinergias e colaborações entre os cientistas e especialistas em secas deste país e dos outros países da América do Norte, Canadá e México, foi possível desenvolver o *North American Drought Monitor*[41] (Figura 2.2), disponibilizado mensalmente desde 2002, com base na mesma filosofia do *US Drought Monitor*, mas estendida a estes dois países (Hayes *et al*, 2005).

[40] Este produto será analisado em mais detalhe no ponto 2.2.4.

[41] http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/monitoring/drought/nadm/

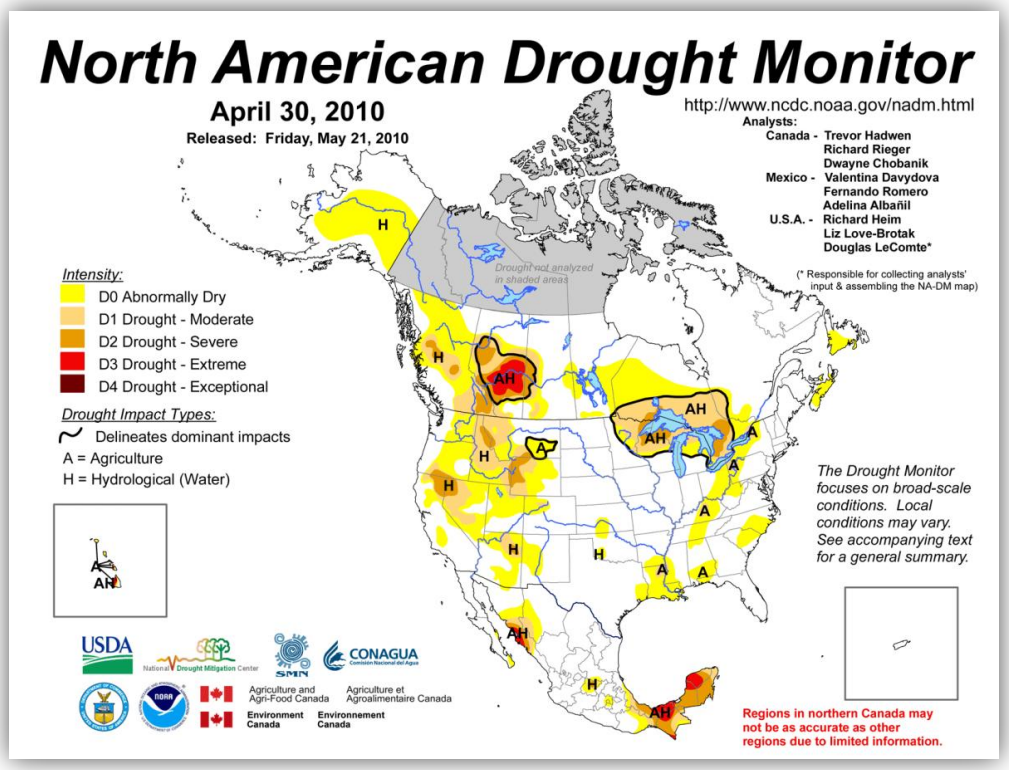


Figura 2.2: Mapa de avaliação do *North American Drought Monitor* referente ao final de Abril de 2010 (NCDC, 2010)

No que toca ao *Seasonal Drought Outlook*, de previsões da evolução do desenvolvimento geral das condições de seca para os 3 meses seguintes (*Seasonal Drought Outlook* do *Climate Prediction Center*[42]), constitui mais um dos produtos base da avaliação de seca levada a cabo para o território dos EUA. Na Figura 2.3 pode ser visualizado um exemplo desta previsão. Esta previsão da evolução a 3 meses é divulgada mensalmente, juntamente com as previsões sazonais de evolução do clima. Tomando como ponto de partida as áreas classificadas no *US Drought Monitor* como estando em situação de seca, é avaliada a possível evolução (melhoramento ou agravamento) dessa situação, tendo por base as tendências sazonais de evolução do clima, quando a influência de oscilações como o ciclo ENSO[43] são mais pronunciadas, e/ou projecções de médio prazo de evolução do PDSI, nos restantes casos (Svoboda *et al*, 2004; Hayes *et al*, 2005).

[42] http://www.cpc.noaa.gov/products/expert_assessment/seasonal_drought.html

[43] *El Niño Southern Oscillation* – o ciclo ENSO consiste na variação cíclica interanual, por vezes bastante acentuada, de características como a temperatura superficial do oceano pacífico, a precipitação convectiva, a pressão do ar e a circulação atmosférica que se verifica na região equatorial do oceano Pacífico, influenciando muito significativamente o clima das regiões banhadas por esse oceano e a evolução de muitos fenómenos meteorológicos tais como secas, cheias e tornados (CPC, 2010)

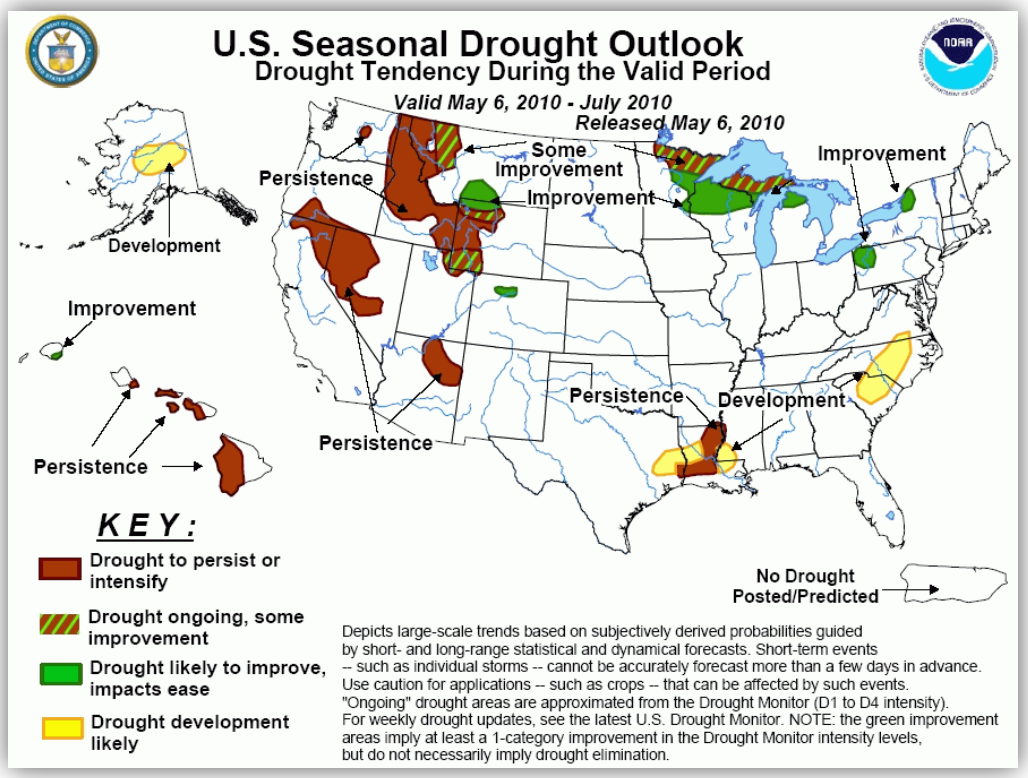


Figura 2.3: Exemplo de projecção a 3 meses, em Maio de 2010, do possível desenvolvimento da situação de seca (CPC, 2010b)

O *Drought Impact Reporter*[44], por sua vez, corresponde a uma ferramenta interactiva de base *web*, desenvolvida pelo NDMC e lançada em Julho de 2005, com o objectivo de permitir a compilação, quantificação e descrição espacial dos principais impactos das situações de Seca verificadas nos EUA (NDMC, 2006a; Wilhite *et al*, 2007). Este mecanismo surgiu da necessidade de criação de uma base de dados dos impactos de seca, uma vez que a abordagem de gestão de risco implica que haja uma informação e avaliação atempada da intensidade e distribuição espacial dos impactos associados. A informação disponibilizada por uma ferramenta como o *Drought Impact Reporter* irá auxiliar a tomada de decisão, identificando o tipo de impactos que estão a ocorrer e quais as regiões onde tal acontece (NDMC, 2006a).

A informação dos impactos provém de várias fontes (NDMC, 2006a, Wilhite *et al*, 2007):

- agências governamentais;
- relatos de impactos da seca existentes *on-line* e em publicações científicas;
- relatos proporcionados pelos meios de comunicação social;
- novos registos, submetidos pelo público em geral.

Todos os registos de impactos, em especial os submetidos *on-line* através do correspondente site, são revistos pela equipa do NDMC e, caso sejam considerados válidos, são alocados à região onde ocorrem, segundo uma de 6 categorias principais: agricultura, água/ energia, ambiente, incêndios, social e outros (NDMC, 2006a). No formato de consulta, o interface

[44] http://droughtreporter.unl.edu/

gráfico tem o aspecto da Figura 2.4, sendo possível listar os principais impactos ao nível dos diferentes Estados e respectivos *Counties*, para diferentes períodos temporais (de 1 semana, a 1 ano, ou qualquer outro período definido pelo utilizador). De acordo com o período seleccionado é atribuída uma escala de cores em função do número de impactos reportados (NDMC, 2006a).

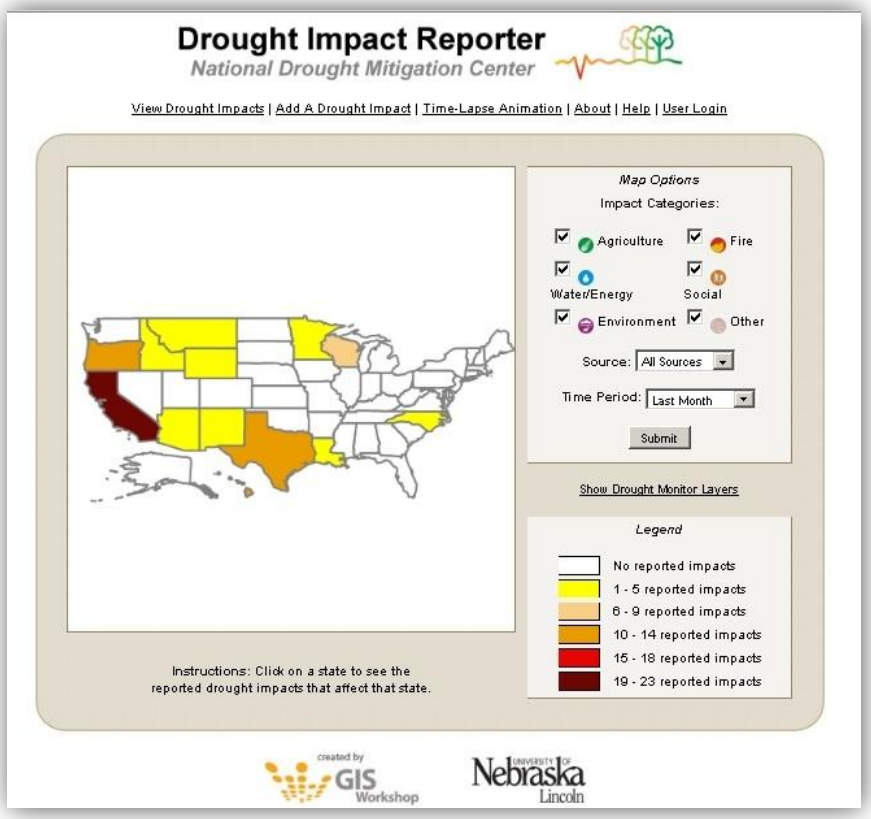


Figura 2.4: Aspecto da página principal do *Drought Impact Reporter* (NDMC, 2006a)

Por fim refira-se que, como parte de um projecto levado a cabo pela *USDA Risk Management Agency*[45] (RMA), o *National Drought Mitigation Center* e a *University of Nebraska – Lincoln*[46] (Departamento de Engenharia e Ciências computacionais), iniciado em 2005, foi criado um sistema de suporte à decisão, especificamente orientado para avaliação de diversos tipos de riscos climáticos para o sector agrícola, para os EUA, o NADSS – *National Agricultural Decision Support System* (Hayes *et al*, 2005). Actualmente, após uma forte evolução, este sistema corresponde ao designado *Greenleaf Project*[47], assente numa plataforma que integra algumas das mais recentes tecnologias *Google* (GREENLEAF, 2008). Tendo como principal objectivo a disponibilização de dados climáticos de forma centralizada e de fácil acesso e utilização, o sistema congrega informação de diferentes fontes (Hayes *et al*, 2005; GREENLEAF, 2008):

- Resultados semanais do *US Drought Monitor;*
- Dados de impactos de seca do *Drought Impact Reporter;*

[45] http://www.rma.usda.gov/
[46] http://www.unl.edu/
[47] http://greenleaf.unl.edu/

- Dados de monitorização de estações meteorológicas;
- Séries de índices de seca: SPI e PDSI;
- Resultados de humidade do solo simulados pelo *Newhall Simulation Model* (Newman & Berdanier, 1996).

O *Greenleaf Project* possibilita, ainda, ao agricultor, apoio à tomada de decisão no que toca à selecção das culturas e da altura de sementeira. Para isso, o utilizador poderá, para diferentes culturas, definir as datas de plantação e ser-lhe-ão fornecidas informações fundamentais como o risco de formação de geadas ou as necessidades hídricas até à maturação, face à evolução da precipitação (GREENLEAF, 2008).

2.2.1.2 Projecto MEDROPLAN

O projecto de investigação científica MEDROPLAN – *Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning,* financiado através do *Euro-Mediterranean Regional Programme for Local Water Management* (*MEDA Water*) da Comissão Europeia, juntou, entre 2003 e 2007, cientistas e decisores de países mediterrânicos como Chipre, Grécia, Itália, Espanha, Marrocos e Tunísia. Desse projecto surgiu uma compilação de linhas orientadoras (MEDROPLAN, 2007) com vista à transição da gestão de crise para uma abordagem mais proactiva de prevenção e gestão do risco de secas, tendo por base as boas práticas de avaliação e gestão de secas desses países. Além disso, foi objectivo do projecto, fundamentar com desenvolvimento científico específico o processo de planeamento e gestão de recursos hídricos e também de iniciativas de política agrícola, no âmbito da prevenção e preparação para a gestão de situações de seca. Nesse âmbito foram apresentados alguns exemplos que permitiram demonstrar como os conceitos desenvolvidos podem ser aplicados a situações específicas e contribuir para a elaboração de planos de gestão de seca.

As principais linhas de acção do projecto podem, então, ser subdivididas nas seguintes subcomponentes, igualmente reflectidas na Figura 2.5 (MEDROPLAN, 2007):

1. **Estrutura base do planeamento de secas**: agregar os diferentes componentes, estabelecer os objectivos nacionais, regionais e locais para o desenvolvimento de planos de gestão de secas, bem como a definição de uma linguagem de conceitos comuns aos diferentes *stakeholders*;
2. **Componente organizacional**: auxiliar o entendimento e eventuais ajustes das bases legais e institucionais necessárias à correcta e efectiva elaboração e implementação de um plano de secas;
3. **Componente metodológica**: desenvolver uma abordagem para avaliação do risco de seca com base em indicadores, bem como para a gestão do risco e ainda para avaliação da vulnerabilidade social;
4. **Componente operacional**: identificar (i) as acções e medidas que podem ser adoptadas, tanto a curto como a longo prazo, para a prevenção e mitigação de impactos de seca, (ii) valores limite de índices e indicadores para despoletar a adopção de medidas e, ainda, (iii) avaliar o processo de implementação de medidas;

5. **Componente de revisão pública**: definir uma metodologia para a aplicação dos anteriores componentes no desenvolvimento do plano de seca, sugerindo uma abordagem de participação multissectorial, incluindo a realização de *workshops*, entrevistas e questionários.

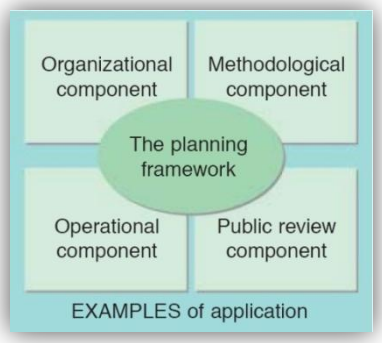


Figura 2.5: Componentes base do projecto MEDROPLAN (MEDROPLAN, 2007)

Poderá considerar-se que os resultados deste projecto permitem uma maior uniformização de conceitos e de princípios base a considerar no planeamento e gestão de secas, em especial nos países do Sul da Europa, tendo contribuído o facto de alguns deles (como por exemplo Espanha) terem sido afectados por uma situação de seca com impactos consideráveis durante os anos de realização do projecto em causa (entre 2003 e 2007).

2.2.1.3 Experiência de Espanha

Sendo um dos países que participou no projecto MEDROPLAN, a experiência de Espanha é bastante relevante, uma vez que os recursos hídricos nesse país são limitados para os níveis de utilizações existentes, o que tem vindo a ser cada vez mais notório com o aumento das necessidades devido a alterações demográficas, ao desenvolvimento económico e até mesmo às alterações verificadas no estilo de vida dos cidadãos (Garrote *et al*, 2007). Por esse motivo, os problemas na gestão de recursos hídricos são significativos, mesmo em anos normais, evidenciando a existência de problemas de escassez. Um exemplo disso mesmo é a redução bastante significativa verificada nas áreas húmidas, nos últimos 30 anos, em Espanha (de cerca de 1200 km^2 para menos de 800 km^2). Tal poderá estar, em parte, relacionado com a ocorrência de frequentes situações de seca, mas dever-se-á, essencialmente, à sobreexploração dos recursos superficiais e também subterrâneos, para compensar o esgotamento dos primeiros (Garrote *et al*, 2007). Perante este cenário, uma situação de seca impõe restrições cada vez mais significativas às principais utilizações existentes. No caso da bacia do Tejo, por exemplo, apesar da considerável experiência na gestão de situações de seca, os episódios mais recentes levaram à verificação de problemas bastante significativos que puseram em causa a capacidade dos sistemas na satisfação das necessidades existentes (Garrote *et al*, 2007).

Devido ao contexto descrito, Espanha tem assumido uma notável iniciativa na adopção de políticas focadas no planeamento e prevenção de situações de seca. Por esse motivo, as orientações apresentadas no relatório da União Europeia sobre Planos de Gestão de Seca (DG Env EC, 2007a), tiveram por base, essencialmente, a experiência espanhola nesta matéria.

Em termos de política de gestão de secas, em Espanha, é, então, possível distinguir duas vertentes. Por um lado é considerada a avaliação do sector agrícola, especialmente dedicada à agricultura de sequeiro, atendendo à sua maior vulnerabilidade a riscos climáticos e estando especialmente ligada à cobertura de alguns riscos através de seguradoras. Por outro, é efectuada uma avaliação e gestão da situação de seca, atendendo ao estado hidrológico dos sistemas de exploração de recursos hídricos (Garrote *et al*, 2007).

Na componente agrícola, a prevenção e gestão de situações de seca é assegurada da seguinte forma (Garrote *et al*, 2007):

- Como principal medida de prevenção, verifica-se uma forte aposta na disponibilização de seguros agrícolas. Para isso, o desenvolvimento de políticas de seguros tem um faseamento próprio, contando com uma participação activa do Estado na definição e sistematização de novos âmbitos de protecção. Essa definição tem por base as exigências dos agricultores, os impactos verificados em situações de seca, o desenvolvimento científico, etc., que dará lugar à definição de novos produtos para cobertura de prejuízos devidos a riscos climáticos.
- No que toca às medidas reactivas, a gestão de situações de seca é assegurada por um gabinete permanente, a cargo do Ministério de Agricultura (em conjugação com o Ministério das Finanças e com o Ministério do Ambiente), e atende especialmente os riscos não cobertos pelos seguros agrícolas. A monitorização da situação tem, essencialmente, por base a componente social, materializada por sinais de tensão e queixas dos agricultores, e as correspondentes acções relacionam-se com a aprovação de reduções de impostos, adiantamentos de pagamentos no âmbito da CAP ou de indemnizações, e ainda de financiamentos para a execução de furos, em específico para o abeberamento de gado.

Por outro lado, para a gestão de recursos hídricos, a "*Ley de Aguas*" espanhola (*Real Decreto Administrativo* 1/2001 de 20 de Julho) estabelece apenas acções de emergência que devem ser adoptadas durante uma situação de seca, em cenário de crise. Não obstante, o Plano Hidrológico Espanhol (*Plan Hidrológico Nacional – Ley* 10/2001 de 5 de Julho), estabelece um maior destaque ao planeamento, indicando a necessidade de definição de um sistema de indicadores hidrológicos, bem como o desenvolvimento de planos especiais de seca por parte das *Confederaciones Hidrográficas* e, ainda, de planos de emergência pelas entidades responsáveis pelo abastecimento de aglomerados com mais de 20.000 habitantes (Estrela *et al*, 2006).

Perante este enquadramento, à semelhança do levado a cabo para o sector agrícola, as *Confederaciones Hidrográficas* (entidade responsável pela gestão de recursos hídricos ao nível da bacia ou região hidrográfica) são responsáveis por assegurar duas vertentes distintas na gestão de recursos hídricos: por um lado, a aplicação de medidas proactivas, tendo por base a situação corrente e a sustentabilidade dos recursos hídricos a longo prazo, por outro, a aplicação de medidas reactivas, ou de emergência, com vista à mitigação de situações de seca (Garrote *et al*, 2007). No primeiro caso, as medidas são integradas em planos de bacia hidrográfica, em compatibilidade com o disposto no plano hidrológico Espanhol e abrangendo vários tipos de problemas ligados à gestão de recursos hídricos, incluindo a escassez, No segundo caso, é

levada a cabo a sistematização de medidas de mitigação em planos especiais de gestão de seca, tendo por base um sistema de avaliação fundado em indicadores hidrológicos[48] que permite a caracterização dos principais problemas de seca (Estrela *et al*, 2006).

Tal como descrito por Garrote *et al* (2007), no caso específico da gestão assegurada pelas *Confederaciones*, o plano de gestão de secas será o instrumento de base para a definição das medidas a adoptar naquelas situações, de acordo com as características da região, e atendendo ao estado da situação actual e de potencial evolução futura, com base em indicadores estabelecidos como representativos. Estes foram identificados a partir de um estudo integrado de informação hidro-meteorológica disponível para a região de análise, com vista a constituírem, no final, um sistema para identificação e avaliação antecipada de situações de anomalia das disponibilidades de água. As medidas a adoptar, por sua vez, encontram-se subdivididas segundo escalões de severidade de seca crescentes: Pré-alerta, Alerta e Emergência, sendo definidos com base nos volumes necessários para satisfação da procura, num determinado horizonte temporal, com um dado nível de garantia (probabilidade de não falhar). Assim, segundo Garrote *et al* (2007):

- o **nível de pré-alerta** é declarado quando a monitorização mostra sinais de se estar perante o despoletar de uma situação de seca, correspondendo a um risco moderado (cerca de 10%) de não cumprimento da satisfação total das utilizações existentes. O principal objectivo de gestão, nesta fase, corresponde à preparação para uma possível seca, alertando e consciencializando as principais entidades e o público em geral, para a adopção de eventuais acções futuras.

- o **nível de alerta** é apenas declarado quando a situação de seca é já uma realidade e levará à ocorrência de impactos se não forem adoptadas medidas, correspondendo a uma probabilidade de cerca de 30% de possível ocorrência de défices. O objectivo de gestão, neste caso, corresponde a evitar a situação de emergência pela adopção de medidas de conservação e de disponibilização de origens de água alternativas. Essas medidas são, em geral, não estruturais e de baixo custo de implementação, sendo, no entanto, coercivas e orientadas a sectores utilizadores específicos. Tal poderá levar à geração de conflitos, uma vez que os direitos de utilização da água em condições normais deixam de vigorar, havendo uma alocação de volumes a usos considerados prioritários, resultando em restrições do rendimento económico dos sectores afectados.

- o **nível de emergência** corresponde a uma situação em que a ocorrência de impactos é uma realidade e o abastecimento não é garantido se a situação de seca persistir. Neste caso, o objectivo de gestão passa por mitigar os impactos e os prejuízos, sendo dada prioridade absoluta à satisfação dos requisitos mínimos para abastecimento público e rega de culturas permanentes. As medidas em causa são maioritariamente de natureza estrutural e acarretam um elevado custo económico e social, devendo ser abrangidas por um suporte legal específico.

A definição das probabilidades associadas a cada um dos níveis de medidas, bem como dos valores limite das diferentes variáveis que servem de base à monitorização do estado dos

[48] A analisar em mais detalhe nos pontos 2.2.3 e 2.2.4.

diferentes sistemas de exploração, resulta de uma metodologia de avaliação do risco hidrológico, pela determinação dos níveis de falha ou garantia, no tempo e em volume, de satisfação das diferentes utilizações. Essa avaliação foi apoiada por dois elementos principais: (i) simulação estocástica de séries hidro-meteorológicas (de precipitação e/ou de escoamento em regime natural) e (ii) simulação dos principais sistemas de exploração com base em modelos de apoio à decisão (Andreu *et al*, 2007). As diferentes medidas de mitigação a adoptar são, então, discutidas com os principais *stakeholders*, envolvidos na gestão de seca através de órgãos participativos, integrados nas *Confederaciones Hidrográficas* e com um papel activo na gestão de recursos hídricos, tendo por base o comportamento simulado dos diferentes sistemas, segundo diferentes cenários de seca e analisando os efeitos expectáveis das medidas passíveis de serem adoptadas (Andreu *et al*, 2007; Garrote *et al*, 2007)[49].

Como conclusão, são apontados os seguintes pontos fortes à política de secas espanhola (Garrote *et al*, 2007):

- No que toca à componente agrícola, verifica-se a existência de um sistema de seguros agrários sólido e crescente cobrindo uma boa parte dos riscos associados a situações de seca, nomeadamente as perdas de produção para um número considerável de culturas de sequeiro, devido a fenómenos meteorológicos. Além disso, o financiamento assegurado, em paralelo, pelo gabinete permanente de acompanhamento do Ministério da Agricultura, que permite controlar as situações mais graves provocadas por estas situações e outros desastres naturais.

- Para a avaliação hidrológica é considerado que o enquadramento legal é adequado e suficientemente adaptado à realidade espanhola. As *Confederaciones* são organizações com muita experiência e que adoptaram metodologias e tecnologias adequadas à monitorização dos recursos hídricos e avaliação dos riscos associados (sistemas de indicadores). Por outro lado, os órgãos de gestão destas instituições integram os *stakeholders* mais relevantes, auxiliando a adopção de medidas, tanto proactivas como reactivas. Os planos são bastante sistematizados e discutidos a vários níveis, integrando a experiência passada em situações de seca na definição de medidas e existe, ainda, a obrigatoriedade legal de elaboração de planos de contingência.

Por outro lado, ainda com base em Garrote *et al* (2007), os principais pontos fracos devem-se aos seguintes factos:

- A cobertura de áreas e produções abrangidas por seguros agrários está longe da cobertura total e existem algumas situações em que os custos desses seguros são incomportáveis. Além disso, não são avaliados, pelo gabinete permanente do Ministério da Agricultura, nenhum tipo de indicadores/ índices de seca objectivos para o alerta de possíveis situações de crise no sector agrícola. De igual forma, as culturas de regadio não são abrangidas pela política de seguros, sendo apresentada como principal razão para o efeito, a difícil avaliação dos riscos associados (estado das culturas dependente das decisões humanas, tanto no que toca à alocação de volumes entre os diferentes sectores utilizadores, como nas diferentes culturas praticadas).

- No que toca aos planos de gestão de secas, verifica-se que estes, apesar de completos, possuem alguma falta de flexibilidade para adaptação a tendências económicas e

[49] A analisar em mais detalhe nos pontos 2.2.3 e 2.2.4.

ambientais futuras, destacando-se, desde logo, as exigências de manutenção do bom estado ecológico das massas de água, ao abrigo da DQA. É também considerado que deverá ser mais aprofundado o conhecimento relativo às águas subterrâneas e aos problemas de qualidade da água, uma vez que estes podem constituir sérias ameaças a recursos estratégicos e não são devidamente enquadrados nas medidas proactivas (i.e., nos planos hidrológicos de bacia).

2.2.2 Análise e gestão de risco

Tal como se pode concluir pela descrição do ponto 2.2.1, as experiências mais relevantes no planeamento e gestão de situações de seca, seguem os princípios base de gestão de risco, em detrimento da abordagem de gestão de crise tradicional. Esses princípios assentam sobre a definição de risco apresentada por Blaikie *et al* (2004), segundo a qual, o risco resulta da combinação de duas componentes distintas [2.1]:

$$\text{Risco} = \text{Perigo} \times \text{Vulnerabilidade} \qquad [2.1]$$

Por um lado o perigo, ou *hazard,* refere-se ao fenómeno natural que poderá afectar diferentes regiões com uma abrangência espacial variável (de pequenas regiões perfeitamente delimitadas, a vastas áreas continentais), possuindo diferentes dimensões temporais (duração e período de retorno) e com vários graus de intensidade e severidade (Blaikie *et al*, 2004). Segundo os mesmos autores é ainda considerado que, tendo por base um período suficientemente longo de registos de variáveis relacionadas com o evento em causa (como, por exemplo, a precipitação), é possível avaliar a probabilidade estatística da ocorrência do perigo, num determinado período e numa dada região.

Por outro, por vulnerabilidade é entendido o conjunto de características de um indivíduo, ou grupo de indivíduos (sociedade) que influenciam a capacidade de antecipar, gerir e recuperar do impacto causado pelo perigo em causa. Envolve uma combinação de factores que determinam o grau em que a vida, as condições de vida, as propriedades, ou outros bens materiais, são colocados em risco por um evento discreto e perfeitamente identificável (ou por uma série ou sequência de eventos) (Blaikie *et al*, 2004).

Desta forma é considerado que, na avaliação de um risco de origem natural, como é o caso das secas, a vulnerabilidade induzida pelas características das sociedades deverá ser considerada, pelo menos, com o mesmo grau de importância com que é efectuada a caracterização do perigo subjacente ao fenómeno natural em causa (Knutson *et al*, 1998; Wilhite *et al*, 2000; Blaikie *et al*, 2004; Hayes *et al*, 2004; ANPC, 2009).

Porém, as situações de seca, apesar de constituírem um fenómeno extremo de origem natural, são caracterizadas por algumas especificidades que tornam a avaliação do correspondente risco consideravelmente diferente da de outros fenómenos como cheias, tornados, ou sismos. De facto, as secas constituem um perigo que se desenvolve lentamente, dificultando a identificação do seu início. Por outro lado, existe alguma confusão relativamente à definição de seca, uma vez que não é clara a distinção entre a duração da anomalia das condições de precipitação e a persistência dos impactos subsequentes, implicando que cada

situação de seca seja definida especificamente para cada região e para cada sector afectado. Por fim, as secas não provocam uma destruição similar ao que se verifica noutro tipo de fenómenos extremos naturais, embora afectem áreas consideráveis e possam, também, causar impactos bastante significativos ao nível social, ambiental e económico (Wilhite & Glantz, 1987; Hayes *et al*, 2004). Atendendo a estas características, Hayes *et al* (2004) propõe a seguinte metodologia para avaliação e gestão do risco de seca:

I. Avaliação do risco de seca:
    1. Análise do perigo segundo:
        a. Frequência
        b. Severidade
        c. Tendência temporal
    2. Análise de vulnerabilidades segundo:
        a. Avaliação de impactos:
            i. Sociais
            ii. Ambientais
            iii. Económicos
        b. Análise das potenciais causas
        c. Análise de tendências temporais

II. Gestão do risco de seca:
    1. Definição de medidas de mitigação de curto e de longo termo
    2. Definição das instituições responsáveis
    3. Planeamento de acção

Esta metodologia distingue, assim, essencialmente, uma dupla vertente no planeamento e gestão de secas: (i) a de avaliação do risco de seca (que deverá servir de base ao desenvolvimento de planos de gestão e dos sistemas de avaliação associados, ambos tendo por base a avaliação de indicadores/ índices de seca) e (ii) a de gestão desse risco (mais especificamente dirigida à elaboração de planos de gestão de seca). Nesse sentido, no presente trabalho, será especialmente explorada a componente de avaliação de risco de seca, dando o devido destaque à análise de perigos e à análise de vulnerabilidades.

No que diz respeito à análise de perigos, tal corresponde à determinação da probabilidade de ocorrência de situações de seca, sendo necessário recorrer a uma medida quantitativa para se avaliar a frequência, intensidade, extensão espacial das diferentes situações de seca (severidade) e ainda a tendência temporal, identificando o(s) tipo(s) de situações ocorridas no período histórico de registos (Hayes *et al*, 2004).

Por outro lado, as vulnerabilidades correspondem a um conceito mais vasto, que abrange as características sociais e biofísicas de uma dada região que influenciam a exposição da mesma às situações de seca e o tipo e severidade de impactos passíveis de ocorrerem

(Knutson *et al*, 1998; Wilhite *et al*, 2000; Hayes *et al*, 2004). Nesse sentido, a análise de vulnerabilidades deverá ser levada a cabo segundo três componentes principais: (i) a análise de impactos (com base num inventário dos impactos passíveis de ocorrerem ao nível social, ambiental e económico na região em causa), (ii) a análise das possíveis causas (identificando os principais factores que podem estar subjacentes aos impactos inventariados) e (iii) a identificação de tendências temporais (uma vez que as vulnerabilidades também não são estáticas no tempo, pois as próprias características sociais, infra-estruturais ou até mesmo económicas da região podem ser alteradas e afectar os níveis de vulnerabilidades e de potenciais impactos causados por situações de seca) (Hayes *et al*, 2004).

2.2.3 Indicadores/ Índices de seca

Por definição, os indicadores/ índices têm como objectivo facilitar a avaliação e gestão de situações complexas, uma vez que permitem agregar/ representar, num só valor, um elevado volume de informação, assumindo um papel fundamental na Tomada de Decisão (Steinemann *et al*, 2005). Sendo bastante importante a facilidade e simplicidade dos respectivos processos de determinação e de avaliação, os seus resultados deverão manter um significado concreto sobre a realidade que se pretende representar, justificando-se um estudo detalhado dos indicadores/ índices mais apropriados à avaliação em causa.

Steinemann *et al* (2005) refere ainda que, no caso específico das secas, os indicadores/ índices de seca deverão permitir detectar não só o início e o fim deste tipo de situações, mas também a sua evolução. Deverão, ainda, facilitar a avaliação da duração e da abrangência espacial, bem como os potenciais efeitos de um episódio de seca. Por outro lado, é considerado que este tipo de ferramentas constitui o elemento base de ligação, para uma dada região, entre a avaliação do nível de severidade de uma situação de seca (integrando sistemas apropriados de avaliação e gestão) e as medidas correspondentes que devem ser adoptadas, ou até mesmo as entidades responsáveis a envolver na gestão destas situações, definidas na fase de planeamento e de estipulação dos procedimentos de contingência.

Convém, no entanto, distinguir que um indicador corresponde ao valor de uma variável (ex. precipitação, caudal) enquanto um índice resulta da compilação de dados de uma ou mais variáveis (ex. Percentagem da Precipitação Normal, Índice de Palmer[50]), estando normalmente associados a uma classificação específica através da qual pode ser definida uma escala de severidade de seca (Steinemann *et al*, 2005). Nesse sentido, poderá considerar-se que, enquanto os indicadores correspondem a uma quantificação das variáveis monitorizadas, os índices de seca têm como objectivo uma maior homogeneização dos dados, com vista à comparação de diferentes situações de seca e de regiões distintas.

Assim, para a definição de indicadores/ índices de seca deverá ter-se em conta que, este tipo de situações tem início com a afectação das condições de precipitação face ao considerado normal para a região e para a época em causa, podendo conduzir a uma

[50] A analisar adiante.

propagação do défice de humidade na sequência natural do ciclo hidrológico, caso este se verifique por um período de tempo suficientemente prolongado.

De facto, embora a avaliação de uma situação de seca deva partir sempre da avaliação da precipitação ocorrida numa dada região, a severidade da mesma será tanto mais significativa quanto os impactos causados nas diferentes utilizações existentes na região, tornando, assim, bastante relevante a avaliação de outros tipos de variáveis que permitem a aferição do estado dos recursos hídricos da região, nomeadamente:

- Teor de humidade do solo
- Escoamento superficial
- Volumes armazenados em albufeiras
- Níveis piezométricos (águas subterrâneas).

Assim, partindo das variáveis analisadas que, globalmente, permitem quantificar os diferentes elementos do ciclo hidrológico de uma determinada região, a definição de índices de seca terá como objectivo efectuar uma avaliação do estado dessas mesmas variáveis face às características consideradas "normais". Para isso é necessária a existência de uma monitorização contínua e regular dessas variáveis, mas também de uma série de registos suficientemente longa para representar, com fiabilidade, o espectro de evolução correspondente. Além disso, esses índices podem ser determinados a partir de apenas uma variável, ou da agregação de diversas variáveis, desde a precipitação aos volumes armazenados em albufeiras.

Existindo alguma experiência na aplicação de índices de seca verifica-se, todavia, que nenhum é globalmente melhor do que os outros, embora existam alguns mais adaptados a certos tipos de situações e/ou regiões (Heim Jr, 2002; Steinemann *et al*, 2005, Wilhite, 2009). De facto, alguns destes índices são de determinação complexa, o seu significado nem sempre é facilmente compreensível e, globalmente, não permitem avaliar uma situação de seca segundo a sua evolução, de acordo com a própria afectação que este tipo de situações induz no ciclo hidrológico de uma dada região hidrográfica.

Como consequência, alguns decisores acabam por consultar vários índices para apoio das suas decisões, embora de forma desagregada, tal levando, muitas vezes, a dificuldades acrescidas, em especial: (i) na avaliação e adopção de medidas em regiões distintas, (ii) na discussão e justificação dos resultados entre as diferentes entidades envolvidas na gestão de secas e (iii) na divulgação de informação ao público em geral (Steinemann *et al*, 2005; Steinemann & Cavalcanti, 2006).

Para a selecção dos índices mais apropriados à avaliação de severidade de seca são indicados, em Tsakiris & Pangalou (2009), alguns dos principais aspectos a ter em conta:

- Simplicidade (facilidade de utilização e percepção por parte dos *stakeholders*);
- Racionalidade (suporte científico adequado e significado físico concreto);
- Sensibilidade (tanto mais elevada quanto maior a amplitude de variação dos valores);
- Resposta atempada (reduzido período de atraso);

- Adaptabilidade (apropriado para utilização noutras regiões);
- Disponibilidade de dados de base (séries de longo prazo e dados de boa qualidade);
- Relação custo/ benefício (custo reduzido na obtenção dos dados necessários).

Assim, procurando caracterizar alguns dos principais índices já desenvolvidos para a avaliação de situações de seca, será apresentada uma revisão dos índices mais utilizados a nível mundial, segundo as definições originais, destacando, individualmente, as vantagens e desvantagens dessas ferramentas para apoio à decisão na gestão de secas. Não obstante, importa notar que as especificidades de cada local, nomeadamente no que diz respeito às vulnerabilidades existentes na satisfação das principais utilizações, tanto em termos de recursos disponíveis na região, como das características das infra-estruturas existentes, ou mesmo da capacidade de gestão por parte das instituições responsáveis, criam especiais dificuldades de adaptação de alguns destes instrumentos às diferentes regiões em análise. Este aspecto deverá ser tido em conta desde o processo de selecção de indicadores/ índices apropriados, à definição das escalas de classificação final, através das quais deverão ser estipulados os níveis de alerta e de intervenção, com medidas específicas associadas (Tsakiris & Pangalou, 2009).

Alguns dos índices de avaliação de secas mais habitualmente usados a nível mundial, e que, pelo âmbito da presente tese, irão ser analisados em mais detalhe, são (por ordem cronológica de desenvolvimento):

- Percentagem da Normal de Precipitação
- *Palmer Drought Severity Index (PDSI)*
- Decis de precipitação
- *Crop Moisture Index (CMI)*
- *Surface Water Supply Index (SWSI)*
- *Standardized Precipitation Index (SPI)*
- *Reconnaissance Drought Index (RDI)*
- Índice de Estado
- *Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index* (SPEI)

2.2.3.1 Percentagem da Normal de Precipitação

Não se conhecendo a data original de início de utilização deste índice, a percentagem da normal constitui um dos índices mais simples e básicos, no conjunto de índices que têm por base apenas os valores de Precipitação.

Fontes bibliográficas consideradas: Hayes (2003).

Indicador(es) de base: Precipitação.

Cálculo: O seu cálculo é efectuado por comparação do valor de precipitação em análise, com a média da série de registos, de preferência mais de 30 anos [2.2].

$$Normal\ de\ P = \frac{P_i}{\overline{P_n}} * 100\ (\%), \qquad [2.2]$$

em que: Pi corresponde ao valor da precipitação em análise e $\overline{P_n}$ à média da precipitação da série de registos.

Este índice poderá ser calculado tanto com base mensal (ou grupo de meses), como com base anual.

Vantagens: As avaliações da percentagem da Normal de Precipitação são bastante eficazes quando utilizadas para uma única região ou época do ano.

Desvantagens: O facto de utilizar a média (dos valores de precipitação registados) e não a mediana (atendendo à frequência dos registos) faz com que possa conduzir a alguns erros, em especial na comparação entre regiões. Este problema deve-se ao facto da precipitação não assumir, habitualmente, uma distribuição normal. Desta forma, torna-se difícil o estabelecimento de valores-limite (*triggers*) para a definição do tipo de medidas mitigadoras a aplicar. Além disso, a avaliação da componente de precipitação restringe a representatividade da avaliação de secas, sendo necessário adoptar diferentes escalas temporais dos valores de precipitação (acumulados a 3, 6, 12 meses) para se estimar a ocorrência de potenciais impactos nas diferentes origens e utilizações de uma dada região.

2.2.3.2 Palmer Drought Severity Index – PDSI

Desenvolvido por Wayne Palmer (Palmer, 1965), o PDSI foi dos primeiros índices de seca a serem utilizados e pressupõe uma avaliação das condições de humidade do solo, tendo por base o conceito de *supply-and-demand* da equação de balanço hídrico. O objectivo principal é o de permitir a comparação entre regiões e a análise da evolução temporal por reacção às condições meteorológicas, quer sejam anormalmente secas ou anormalmente húmidas. Para isso foi desenvolvido um procedimento que envolve o cálculo do *deficit* ou *surplus* das condições de humidade, sendo este valor devidamente ponderado de acordo com vários factores que descrevem o clima da região em causa.

Fontes bibliográficas consideradas: Palmer (1965); Alley (1984); NADSS (2002); Hayes (2003); Tsakiris *et al* (2007).

Indicador(es) de base: Os principais *inputs* para o cálculo do PDSI são dados de precipitação e temperatura. São ainda necessários dados característicos da região e estação de monitorização em causa, tais como a capacidade de armazenamento de água no solo, nessa região, e a latitude a que se encontra a estação que fornece os dados meteorológicos de base.

Cálculo: A partir dos dados de *input,* todos os elementos base da equação de balanço hídrico poderão ser calculados, incluindo a evapotranspiração, a recarga das águas subterrâneas, o escoamento superficial, bem como a perda de teor de humidade da camada superficial de solo. Os impactos ou utilizações humanas não são consideradas para o cálculo deste índice.

O algoritmo de cálculo foi especialmente calibrado para regiões de características mais ou menos homogéneas, iniciando-se com um balanço hídrico, de base mensal ou mesmo

semanal, utilizando registos históricos de precipitação e de temperatura. A capacidade de armazenamento de água no solo é habitualmente considerada com base na divisão do solo em duas camadas, assumindo que 25 mm de água podem ser armazenados na camada superficial. A camada inferior tem uma capacidade de armazenamento dependente das características de solo do local considerado. A evapotranspiração potencial, ou de referência, (ETo) é calculada pelo método de *Thornthwaite-Mather* (Thornthwaite & Mather, 1955), em que a evaporação dos solos apenas é considerada caso a ETo > P, sendo P a precipitação do período em causa (mês ou semana).

Sendo o índice PDSI de determinação complexa e pretendendo-se apenas avaliar, no presente capítulo, as potencialidades e desvantagens de utilização do mesmo, o processo de obtenção deste índice poderá ser simplificadamente resumido nos seguintes 5 passos principais:

Passo 1: um primeiro balanço hidrológico, para quantificação dos valores potenciais de recarga (teor de água capaz de ser infiltrado até à saturação do solo), de perdas (parcela de humidade do solo que poderá ser perdida por evaporação quando a P é nula) e de escoamento (definido como a diferença entre a capacidade de armazenamento do solo e a recarga potencial);

Passo 2: a determinação dos coeficientes caracterizadores do clima, com base nos valores potenciais determinados no passo anterior;

Passo 3: a obtenção da diferença entre a precipitação real, num dado mês, e os valores de precipitação CAFEC – *Climatically Appropriate for Existing Conditions*, obtidos com os valores dos parâmetros determinados no passo anterior;

Passo 4: o cálculo da anomalia de humidade (Z), com base no valor obtido no passo 3, expressando a diferença relativa entre a humidade do solo para um determinado mês e região em análise, com as respectivas condições médias;

Passo 5: a definição da severidade de seca final, sendo o PDSI (X_i) resultado de uma combinação do valor obtido para o mês anterior (X_{i-1}), com uma fracção de anomalia das condições de precipitação do mês actual (Z_i). Apesar de Palmer (1965) ter definido uma proporção específica para estas parcelas, a mesma foi obtida para a região do *Iowa* e *Kansas*, a partir das quais o índice foi desenvolvido [2.3]. Idealmente esses coeficientes deverão ser determinados de acordo com as características da região em análise.

$$X_i = 0{,}897.X_{i-1} + \frac{Z_i}{3} \qquad [2.3]$$

Por fim, o valor final de PDSI, em cada mês, deverá ser calculado de acordo com o tipo de situação presente, i.e., de arranque de um acontecimento húmido (consideração apenas de valores não negativos), de arranque de um acontecimento seco (consideração apenas de valores não positivos), ou de continuidade de um acontecimento em curso, seco ou húmido. Os valores de PDSI que não cumprirem estes critérios deverão ser contabilizados como 0.

Este procedimento, detalhadamente descrito em Alley (1984), parte do pressuposto de que um mês especialmente húmido no seio de uma situação de seca não implica necessariamente o término dessa situação deficitária, sendo apenas possível determinar o final de um evento de seca com base nos valores obtidos para mais do que 1 mês. Contudo, este processo poderá levar a uma necessária reformulação dos valores calculados para o PDSI em

meses anteriores (*backtracking*), o que apesar de apenas afectar os valores de transição (entre períodos secos e períodos húmidos e vice-versa), torna difícil a sua aplicação à gestão corrente de recursos hídricos.

A escala de classificação de severidade definida originalmente para este índice teve por base as características das situações de seca verificadas nas regiões analisadas (zona central de *Iowa* e zona oeste de *Kansas*), sendo apresentada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Escala de classificação de severidade do PDSI (Palmer, 1965)

Escala de classificação PDSI	
> 4.0	*Extremamente húmido*
3.0 – 3.99	*Bastante húmido*
2.0 – 2.99	*Moderadamente húmido*
1.0 – 1.99	*Ligeiramente húmido*
0.5 – 0.99	*Excesso de humidade incipiente*
- 0.49 – 0.49	*Normal*
- 0.49 – - 0.99	*Deficit de humidade incipiente*
- 1.0 – - 1.99	*Seca ligeira*
- 2.0 – - 2.99	*Seca moderada*
- 3.0 – - 3.99	*Seca severa*
< - 4.0	*Seca extrema*

A grande experiência que existe na aplicação deste índice levou a que fosse utilizado para o estabelecimento de *triggers* de adopção de medidas em planos de contingência nos EUA, sendo continuamente calculado numa base mensal, não só nos EUA, onde inicialmente foi desenvolvido, mas também a nível mundial, incluindo Portugal Continental (através do Instituto de Meteorologia, I.P. (Pires, 2003; IM, 2008). Decorrente do processo de cálculo do PDSI, são muitas vezes considerados índices de seca, alguns dos auxiliares de cálculo tais como o *Z-index,* correspondente à anomalia mensal de humidade do solo – passo 4 do processo de obtenção do PDSI (Tsakiris *et al*, 2007). Este índice, também designado por *Palmer Moisture Anomaly Index,* quantifica o défice das condições de humidade no solo no mês corrente permitindo avaliar a afectação das principais culturas agrícolas, uma vez que responde de forma expedita a variações nas condições de humidade ao nível do solo. Por outro lado, o *Palmer Hydrological Drought Severity Index* (PHDI) é determinado de forma similar ao PDSI. A principal diferença reside na não distinção do despoletar de acontecimentos húmidos ou secos e na consideração de um critério mais restritivo para a determinação do final de uma situação de seca (i.e., apenas quando o deficit das condições de humidade é totalmente eliminado). Estas diferenças fazem com que o PHDI seja de evolução mais lenta e gradual do que o PDSI, sendo considerado representativo de impactos ao nível hidrológico, incluindo a variação de níveis de albufeiras ou de níveis piezométricos (águas subterrâneas) (Steinemann *et al*, 2005; Tsakiris *et al*, 2007).

Importa ainda referir que, procurando colmatar algumas das limitações do processo de cálculo do índice PDSI, foi desenvolvido o índice MedPDSI (Pereira & Rosa, 2010),

especialmente adaptado à realidade mediterrânica e do Sul da Europa. Nesta modificação foi considerado que a evapotranspiração (ET) fosse determinada com base numa cultura típica da região, a oliveira de sequeiro, calculada pelo método dos coeficientes culturais Kc duais (Allen *et al* 2005), em lugar da aproximação de *Thornthwaite* do método original. Além dessa transformação, foi ainda considerada a substituição do cálculo do balanço hídrico por uma ferramenta de modelação numérica desenvolvida também especificamente para as características desta região – ISAREG (Teixeira e Pereira, 1992).

Não obstante, uma vez que os índices apresentados mantêm a estrutura de cálculo do PDSI, a escala de classificação de severidade de seca é igualmente dada pela Tabela 2.1.

Vantagens: As principais vantagens do PDSI e as razões para a sua ampla utilização e vasto número de aplicações (é um dos índices mais utilizados a nível mundial) correspondem às três características positivas identificadas por Alley (1984):

- Permite uma medida *standard* da anormalidade das condições de humidade do solo, auxiliando o processo de tomada de decisão (comparação entre regiões e avaliação temporal);
- Possibilita a obtenção de uma perspectiva histórica das condições locais;
- Facilita a representação espacial e temporal das situações de seca.

As mesmas vantagens são reconhecidas em relação aos índices modificados, salientando-se, no caso do índice MedPDSI, a maior adaptabilidade às características da região mediterrânica, em especial da Península Ibérica (Pereira & Rosa, 2010).

Desvantagens: Apesar da popularidade deste índice são identificadas também limitações ao mesmo, tal como é detalhadamente descrito em Alley (1984), destacando-se:

- Ser considerada uma simulação simplificada do solo, constituído por duas camadas, o que poderá não se adaptar a todas as situações;
- Existir uma considerável sensibilidade do processo de cálculo à definição da capacidade de armazenamento de água no solo (AWC), tornando grosseira uma generalização para uma região vasta;
- Existir uma subestimação do escoamento superficial devido à não consideração de escoamento até ser atingida a saturação do solo. Além disso, não é tido em conta o período de tempo entre o excesso de água à superfície e a geração de escoamento;
- Aproximação da evapotranspiração pelo método de *Thornthwaite-Mather*, que se demonstra, por vezes, pouco rigorosa;
- A necessária reformulação dos valores calculados quando se dá o término de um dado fenómeno, através do processo de *backtracking*, o que leva a que a aplicação deste índice à gestão corrente possa induzir em erro (esta desvantagem não se aplica aos casos do Z-index e do PDHI anteriormente descritos).

- Os valores que quantificam os níveis de severidade de seca e detectam o início e término de uma dada situação de seca foram definidos de forma arbitrária e têm por base os estudos iniciais de Palmer (levados a cabo para as zonas do *Iowa* e do *Kansas*);
- As diferentes classes podem ter diferentes probabilidades de ocorrência, variando com as próprias características do clima.

Além destas limitações, foram identificadas outras como o facto de este índice ter sido especialmente concebido para a análise das condições de humidade do solo, logo mais orientado para a avaliação dos impactos na agricultura, tal como é também o caso dos índices *Z-Index* e MedPDSI. Importa referir que, mesmo o índice PHDI, de evolução mais gradual e lenta do que o PDSI, levando a uma indicação de duração de seca superior à deste, não entra em linha de conta com a avaliação dos impactos que se possam verificar a nível hidrológico (como p.e., redução do escoamento superficial, dos volumes armazenados em albufeiras ou sistemas aquíferos), pelo que, apesar do que sugere o nome, também não será o índice mais apropriado à avaliação desse tipo de impactos.

2.2.3.3 Decis

Os decis correspondem a uma técnica de avaliação de secas desenvolvida por Gibbs & Maher (1967), que se baseia na classificação de valores de precipitação de acordo com a distribuição de ocorrências de uma série longa de registos.

Fontes bibliográficas consideradas: Gibbs & Maher (1967); Keyantash & Dracup (2002); Hayes (2003).

Indicador(es) de base: Precipitação.

Cálculo: A técnica desenvolvida passa por uma ordenação, de forma crescente, de todos os valores de precipitação de uma série longa (mais de 30 anos de registos, podendo ser valores mensais, trimestrais, anuais, etc.). Para a série obtida é determinada a frequência de ocorrência, em percentagem, sendo feita a subdivisão em decis de modo a que, o primeiro decil, corresponda ao valor que apenas não é excedido em 10% das ocorrências, o segundo em que esse valor não é excedido em 20 % das ocorrências e assim sucessivamente até ao décimo e último decil, que corresponde ao valor mais elevado da série de registos (não é excedido em 100% das ocorrências). Por definição, o quinto decil corresponde à mediana, uma vez que é dado pelo valor que não é excedido em 50% das ocorrências. Este método, adoptado pelas autoridades australianas para a avaliação de secas, tem associada a classificação apresentada na Tabela 2.2 (definida de acordo com as características daquele país):

Tabela 2.2: Classificação original dos decis de precipitação (Gibbs & Maher, 1967)

Classificação dos decis de precipitação	
Decis 1 e 2 (20% de não excedência)	Muito abaixo da normal (de precipitação)
Decis 3 e 4 (entre 20% a 40% de não excedência)	Abaixo da normal
Decis 5 e 6 (entre 40% a 60% de não excedência)	Próximo da normal
Decis 7 e 8 (entre 60% a 80% de não excedência)	Acima da normal
Decis 9 e 10 (entre 80% a 100% de não excedência)	Muito acima da normal

Vantagens: As principais vantagens deste índice correspondem, não só à sua facilidade de cálculo, utilização e compreensão, existindo uma vasta experiência na sua aplicação, nomeadamente por parte das autoridades australianas, mas também à sua fiabilidade e significado estatístico, que será tanto melhor quanto maior o comprimento de registo da série analisada. Uma avaliação comparativa de vários índices de seca, segundo 6 critérios de performance (Keyantash & Dracup, 2002), destaca alguns pontos fortes dos Decis, em relação a outros índices, como o PDSI, nomeadamente a robustez de cálculo e o facto de ser extensível a longos períodos de avaliação, dependendo apenas da extensão de registos da precipitação.

Desvantagens: As principais desvantagens prendem-se com o facto de ser necessário dispor de uma série de registos bastante longa para se obterem resultados mais precisos. Além disso, tal como no caso da percentagem da normal de precipitação, a avaliação apenas da componente de precipitação restringe a avaliação de secas, devendo a previsão de ocorrência de impactos ser estimada através da avaliação da precipitação acumulada a diferentes escalas temporais (3, 6, 12, etc. meses).

2.2.3.4 Crop Moisture Index – CMI

Igualmente desenvolvido por Waine Palmer (Palmer, 1968), três anos após apresentação do PDSI, este índice aproveita alguns dos procedimentos do índice anteriormente desenvolvido por Palmer para a avaliação das condições de humidade de curto prazo, tendo como objectivo uma monitorização mais expedita da humidade do solo, para gestão das principais culturas agrícolas.

Fontes bibliográficas consideradas: Palmer (1968); Hayes (2003); Tsakiris *et al* (2007).

Indicador(es) de base: As variáveis necessárias são a precipitação e a temperatura.

Cálculo: O processo de cálculo deste índice corresponde a efectuar um balanço da humidade existente no solo, através do somatório do défice de evapotranspiração (face às condições expectáveis, de acordo com médias de longo prazo) e de um índice que procura quantificar o "excesso" de humidade existente no solo, atendendo ao volume de água necessário

para voltar às condições normais. Para isso são utilizados dados semanais de temperatura média e de precipitação total ocorridos numa dada área, bem como o resultado do CMI da semana anterior. Os cálculos do CMI beneficiam de todos os valores reais e potenciais quantificados no processo de cálculo do PDSI, permitindo o cálculo semanal das condições de humidade no solo.

Segundo o indicado por Hayes (2003), a classificação original apresentada por Palmer para o CMI, é apresentada na Tabela 2.3.

Fruto da sua aplicabilidade à gestão agrícola, este índice tem sido utilizado pelo *U.S. Department of Agriculture* dos EUA como parte do boletim semanal de culturas e de avaliação e previsão meteorológica (*Weekly Weather and Crop Bulletin*[51]).

Tabela 2.3: Escala de classificação de severidade do CMI (Hayes, 2003)

Classificação original CMI	
3,0 ou mais	*Excessivamente húmido*
2,0 a 2,9	*Húmido*
1,0 a 1,9	*Anormalmente humedecido*
-0,9 a 0,9	*Ligeiramente Seco/ favoravelmente humedecido*
-1,9 a -1,0	*Anormalmente Seco*
-2,9 a -2,0	*Excessivamente Seco*
-3,0 ou menos	*Severamente Seco*

Vantagens: A principal vantagem na utilização deste índice está relacionada com a quantificação directa da deficiência das condições de humidade do solo, como consequência das condições de evapotranspiração, sendo especialmente relevante para a gestão agrícola (Hayes, 2003; Tsakiris *et al*, 2007).

Desvantagens: As principais desvantagens da utilização deste índice prendem-se com o facto do mesmo estar directamente relacionado com alterações das condições de evapotranspiração e de humidade no solo, a uma escala semanal, variando consideravelmente com pequenas chuvadas. Tal limita consideravelmente a sua aplicação na gestão de situações de seca de longo prazo. Além disso, avalia apenas as condições de humidade do solo, não reflectindo os possíveis impactos nas diferentes fases de evolução de uma dada situação de seca (em especial ao nível hidrológico e operativo). Além disso, apresenta ainda limitações que advêm directamente da utilização de componentes do processo de cálculo do PDSI, destacando-se, a aproximação da evapotranspiração pelo método de *Thornthwaite-Matter* (Juhasz & Kornefield, 1979).

2.2.3.5 Surface Water Supply Index – SWSI

Desenvolvido inicialmente por Shafer & Dezman (1982) para a região do *Colorado* (EUA), com vista a complementar a análise assegurada pelo índice de Palmer, o SWSI procura agregar informação do tipo meteorológico e das condições hidrológicas das águas superficiais,

[51] http://www.usda.gov/oce/weather/pubs/Weekly/Wwcb/index.htm

sendo especialmente orientado para aplicação a regiões montanhosas, onde o degelo dá origem a uma parcela importante dos volumes de água disponível (Garen, 1993).

Fontes bibliográficas consideradas: Shafer & Dezman (1982); Garen (1993); Hayes (2003); Tsakiris *et al* (2007).

Indicador(es) de base: As variáveis necessárias ao cálculo do SWSI são a precipitação, o escoamento superficial, o nível de gelo permanente e ainda os volumes armazenados nas principais albufeiras.

Cálculo: O índice SWSI apresenta como principais objectivos: (i) aferir a severidade de uma dada situação de seca, de forma mensal, através da avaliação do estado das principais origens ao nível de bacia hidrográfica, (ii) possibilitar alguma capacidade de antecipação e (iii) facilitar a comparação das condições de disponibilidades, entre diferentes bacias hidrográficas. Para tal é considerada, como técnica de normalização de resultados, a determinação de probabilidades de não excedência associadas ao estado das diferentes variáveis de base, admitindo que, com base em registos históricos suficientemente completos, iguais probabilidades de ocorrência de uma dada variável, ainda que em áreas distintas, correspondem à mesma frequência de ocorrência, mesmo que a relação com a média seja distinta (Garen, 1993).

Assim, a definição original do SWSI (Shafer & Dezman, 1982) corresponde, então, a uma soma ponderada de probabilidades de não excedência associadas a cada uma das quatro variáveis de base do ciclo hidrológico: neve e gelo, precipitação, escoamento e volumes armazenados em albufeiras, segundo a seguinte expressão [2.4]:

$$SWSI = \frac{a.P_{neve}+b.P_{prec}+c.P_{escoam}+d.P_{vol.\ arm}-50}{12} \quad [2.4]$$

Sendo *a, b, c* e *d* os factores de ponderação de cada componente hidrológico de tal forma que a+b+c+d = 1 e P_{neve}, P_{prec}, P_{escoam}, $P_{vol.arm.}$ as probabilidades de não excedência associadas ao estado das condições, para toda a bacia, de neve e gelo, de precipitação, de escoamento superficial e de volumes armazenados, respectivamente. A subtracção do valor numérico 50 corresponde a uma translação para centrar o valor de SWSI no valor 0, e a divisão por 12 serve para limitar os resultados ao intervalo [-4,17; +4,17]. Ambas estas operações, de translação e de limitação do SWSI, têm como objectivo a obtenção de resultados com uma variação e ordem de grandeza similares aos resultados do PDSI.

As probabilidades de não excedência devem ser obtidas a partir de funções de distribuição ajustadas a cada indicador representativo dos diferentes componentes hidrológicos.

Estes, por sua vez, resultarão da soma, ou soma ponderada, dos valores da precipitação ocorrida e também da neve e gelo obtidos nos postos de monitorização considerados representativos, e do somatório do escoamento superficial e dos volumes armazenados em albufeiras, observado em estações hidrométricas de referência da região em análise. A definição dos factores de ponderação deverá ser efectuada de acordo com a importância de cada componente hidrológico na satisfação das utilizações existentes na bacia hidrográfica em análise, podendo variar sazonalmente, como é o caso da aplicação deste índice no *Colorado*, ou até mesmo mensalmente, como sucede no estado de *Oregon* (Garen, 1993).

O índice SWSI tem sido utilizado e aplicado, desde a sua origem, para despoletar a activação ou desactivação do plano de gestão de secas do estado do *Colorado*, nos EUA, tendo também sido modificado e aplicado noutros estados do oeste norte-americano, como é o caso dos estados do *Oregon*, *Montana*, *Idaho* e *Utah* (Hayes, 2003).

A escala original de classificação de severidade de seca definida originalmente por Shafer & Dezman (1982) é representada pela Tabela 2.4:

Tabela 2.4: Escala de classificação de severidade do SWSI (Shafer & Dezman, 1982)

Classificação original SWSI	
2,0 ou mais	*Disponibilidades abundantes*
-2,0 a +2,0	*Próximo do normal*
-3,0 a -2,0	*Seca moderada*
-4,0 a -3,0	*Seca severa*
-4,0 ou menos	*Seca extrema*

Não obstante, procurando colmatar os pontos fracos mais importantes do índice SWSI (ver desvantagens abaixo), Garen (1993) sugeriu uma adaptação desse índice, considerando que a definição dos factores de ponderação de cada componente hidrológico não pode ser arbitrária e que a soma ponderada de probabilidades de ocorrência não corresponde a uma distribuição normal, ainda que a sua forma seja próxima dessa distribuição. Nesse sentido, propõe que o índice seja obtido somente pela consideração dos volumes armazenados em albufeiras no início do degelo e no início da época de crescimento das culturas, aos quais se deverão adicionar os volumes escoados superficialmente durante essa época. Em qualquer mês o SWSI adaptado será obtido com base nas previsões efectuadas para a época em questão, procedimento de base estatística levado a cabo com bons resultados no *Soil Conservation Service* (Garen, 1992), a partir das quais, com recurso a modelos de simulação, é também possível estimar os volumes armazenados nas principais albufeiras. Considerando o SWSI adaptado a partir do somatório destes dois tipos de volumes, deixam de existir diferentes factores de ponderação e a probabilidade de não excedência passa a ser calculada para uma série de valores, à qual deverá também ser ajustada uma função de distribuição de probabilidade (Garen, 1993).

Vantagens: Como principais vantagens e pontos fortes do índice SWSI, Hayes (2003) destaca a simplicidade de cálculo e o facto de permitir uma medida representativa das disponibilidades das massas de água superficial de uma dada bacia hidrográfica, enquanto Garen (1993) e Tsakiris *et al* (2007) salientam a sua utilidade na tomada de decisão e adopção de medidas de actuação, servindo de base aos planos de gestão de secas de diversos estados no oeste norte-americano, em especial em regiões montanhosas onde a neve e gelo representam uma parcela significativa das disponibilidades para as utilizações existentes.

Desvantagens: Os principais pontos fracos apontados à definição original do índice SWSI consistem na definição subjectiva ou arbitrária dos coeficientes de ponderação e as falhas verificadas nas suas propriedades estatísticas, que levaram inclusive à definição de uma adaptação desse índice (Garen,1993).

Não obstante, a formulação proposta em alternativa, o SWSI adaptado, acaba, ela própria, por ter as suas limitações, nomeadamente, por deixar de englobar, directamente, informação relativa aos quatro componentes hidrológicos definidos inicialmente.

Hayes (2003), por sua vez destaca como principais desvantagem da utilização deste índice o facto de o mesmo estar directamente ligado à gestão, o que implica uma necessária reformulação das condições de cálculo sempre que for efectuada alguma alteração nas origens de água que servem as principais utilizações.

Importa ainda realçar que, segundo a definição original e mesmo com as adaptações propostas por Garen (1993), este índice é especialmente indicado para regiões onde o degelo constitui uma parte importante das disponibilidades, não entrando em linha de conta com eventuais disponibilidades de água subterrânea.

Relativamente à escala de classificação do SWSI original (Tabela 2.4), poderá considerar-se, tal como para outros índices, que a definição dos níveis de alerta são subjectivos e específicos da região para o qual foram determinados, uma vez que é apontado que a definição dos níveis de alerta deverá ser feita de acordo com as características da região e de acordo com o grau de alerta e de antecipação que se pretenda obter (Garen, 1993).

2.2.3.6 Standardized Precipitation Index - SPI

Apresentado por Mckee *et al* (1993), na *Colorado State University*, este índice tem como objectivo quantificar o défice de precipitação para diferentes escalas temporais, tendo por base a probabilidade de ocorrência de um registo de precipitação numa dada escala temporal.

O SPI pode ser entendido como o número de "desvios-padrão" que um determinado valor de precipitação apresenta face à média histórica correspondente, para uma determinada área em análise.

Fontes bibliográficas consideradas: Mckee *et al* (1993); Keyantash & Dracup (2002); Hayes (2003); Tsakiris *et al* (2007).

Indicador(es) de base: Precipitação.

Cálculo: O cálculo do SPI para qualquer localização é baseado nos registos históricos de precipitação, aos quais é aplicada uma distribuição probabilística, como a função de distribuição *Gamma* incompleta. Por sua vez, esta distribuição é depois transformada na distribuição normal de modo a que o SPI médio, para a região e período de análise, seja 0 e o desvio padrão correspondente seja igual à unidade.

A aplicação da distribuição *Gamma* incompleta a registos de precipitação foi considerada pela primeira vez em Thom (1958), onde é demonstrado o bom ajuste da mesma. A distribuição *Gamma* é dada pela seguinte função densidade de probabilidade *g(x)* [2.5]:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad \text{para } x > 0, \qquad [2.5]$$

sendo *α* e *β* parâmetros de forma e de escala respectivamente, *x* o valor de precipitação e *Γ(α)* a função *Gamma*.

Importa notar que os parâmetros α e β deverão ser estimados para cada estação de monitorização, para cada escala temporal de análise (1, 3, 6, 9 meses, etc.) e para cada mês do ano. Uma vez que a função *Gamma* é indefinida para o valor 0 (e poderá haver vários meses com precipitação 0, em especial durante uma situação de seca), foi considerado que a função de distribuição de probabilidade completa *H(x)* é dada por [2.6]:

$$H(x) = q + (1 - q)g(x), \qquad [2.6]$$

sendo *q* a probabilidade de ocorrência do valor 0, que pode ser aproximada pela frequência de ocorrência na série de registos, e *g(x)* a probabilidade cumulativa da função *gamma*. Esta função de distribuição é posteriormente transformada na variável normalizada *Z,* com média 0 e variância 1, correspondendo ao valor do SPI (Figura 2.6). Uma vez que este índice é normalizado, o SPI tanto pode ser aplicado aos climas mais secos, como aos mais húmidos.

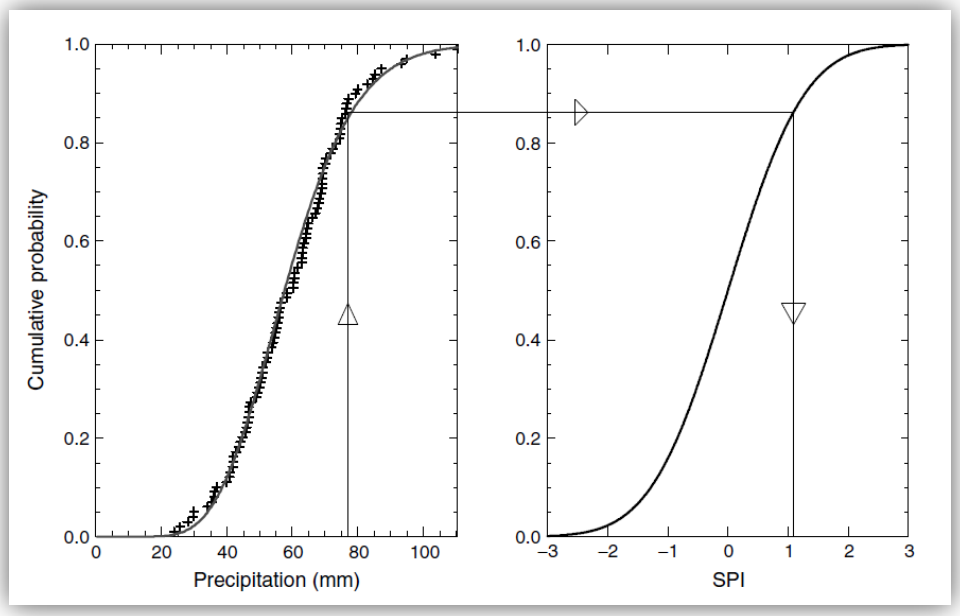


Figura 2.6: Transformação, para uma dada probabilidade, da função de distribuição *Gamma* ajustada, na função de distribuição normal (Lloyd-Hughes & Saunders, 2002)

Porém, ainda que as condições de humidade do solo variem com as anomalias de precipitação num curto espaço de tempo de resposta (1 a 3 meses), a recarga de águas subterrâneas, os níveis de escoamento e o armazenamento só sofrem variações num período de tempo mais alargado (6 a 12 meses). Por esse facto são normalmente consideradas diferentes escalas temporais, de 3, 6, ou 12 meses, por exemplo, para avaliação dos registos de precipitação (Mckee *et al* 1993, 1995; Hayes *et al*, 1999).

O SPI-3 meses permite reflectir a afectação das condições de água no solo a curto e médio prazo e fornece uma estimativa da precipitação sazonal. Como tal é importante comparar esses resultados com escalas de tempo mais longas, pois pode ocorrer um período de precipitação normal durante um período de seca. Através do SPI-6 meses, por sua vez, é possível distinguir a precipitação ao longo de diferentes estações do ano, o que poderá representar anomalias nas reservas de água e nos caudais dos rios. A falta de água em albufeiras e sistemas aquíferos, a qual corresponderá a escalas de tempo longas, poderá ser

representada pelo SPI-12 meses ou superior, dependendo das características da região. Valores negativos deste índice podem estar, no entanto, associados a valores positivos em períodos inferiores a 12 meses.

Em Mckee *et al* (1993) é definido um sistema de classificação da intensidade de um dado evento de seca atendendo aos valores de SPI (Tabela 2.5), com base, também, nos dados de precipitação de estações em *Fort Collins,* no *Colorado* (EUA).

Tabela 2.5: Escala original de classificação do SPI (Mckee *et al*, 1993)

Classificação SPI		
Valores de SPI	**Intensidade de seca**	**Frequência de ocorrência (%)**
-0.99 a 0	Seca ligeira	24
- 1.49 a - 1.0	Seca moderada	9.2
- 1.99 a - 1.5	Seca severa	4.4
< - 2.0	Seca extrema	2.3

O índice SPI tem sido muito utilizado a nível mundial, quer no âmbito de estudos científicos (Guttman, 1999; Lloyd-Hughes & Saunders, 2002; Tsakiris & Vangelis, 2004; Vicente-Serrano & López-Moreno, 2005; Vicente-Serrano *et al*, 2006; Paulo *et al*, 2007), quer no planeamento e gestão de situações de seca (Hayes *et al*, 1999; 2005; Wu *et al*, 2005; NDMC, 2010). Além disso, na Península Ibérica, o índice SPI é utilizado para a avaliação contínua e caracterização de secas do passado, tal como descrito em CHG (2007), para a parte espanhola do Guadiana, e em INAG (2007) e DG Env EC (2007a), para Portugal Continental. Todavia, em CHG (2007) e INAG (2007) é referida a necessidade de ajuste da classificação de seca definida na Tabela 2.5, em função das características da região em análise, tal como havia sido apontado, também, por Agnew (2000).

Vantagens: O SPI pode ser calculado para diferentes escalas temporais, para diferentes tipos de climas, permitindo um alerta para possíveis situações de seca e um auxílio fidedigno dos decisores numa avaliação quantificada da severidade de seca. Além disso, a padronização do SPI permite definir o nível de raridade de um dado evento de seca, bem como determinar a probabilidade de ocorrência dos níveis de precipitação necessários para acabar com o evento de seca em questão.

Embora, originalmente, o SPI tenha sido aplicado e aferido a dados de precipitação (tendo sido o que levou à utilização da função de distribuição *Gamma* e à definição da escala de classificação adoptada), o facto de este índice ter por base um método de cálculo estatístico, leva a que possa ser aplicado a outro tipo de séries de registos além da precipitação, como: caudais, níveis piezométricos, níveis de armazenamento, teor de humidade no solo, desde que a distribuição de frequência desses registos possa ser aproximada por uma função de distribuição de probabilidade teórica.

Por outro lado, tal como para os Decis, a avaliação comparativa de índices de seca segundo 6 critérios de performance (Keyantash & Dracup, 2002), destaca vários pontos fortes do SPI, em relação a índices como o PDSI, em especial a sua robustez de cálculo e a possibilidade de extensão ao período de registos existentes para a precipitação.

Desvantagens: Uma vez que a precipitação não segue habitualmente a distribuição normal para períodos acumulados de 12 meses ou menos, tem de ser efectuada uma transformação da distribuição real, o que leva a uma maior complexidade de cálculo na obtenção deste índice e na determinação dos níveis de precipitação que levariam ao término da situação de seca em causa. Além disso, apesar de se procurar ajustar o índice SPI para representação da ocorrência de impactos, variando as escalas temporais da precipitação acumulada em avaliação, os valores do SPI resultam bastante diferentes, sendo necessário analisar, para cada região, a escala que melhor se adapta à ocorrência de impactos nas diferentes fases do ciclo hidrológico.

2.2.3.7 Reconnaissance Drought Index – RDI

O índice RDI foi desenvolvido e apresentado no âmbito do projecto MEDROPLAN (Tsakiris *et al*, 2007). As definições iniciais do *Reconnaissance Drought Index* têm em vista a integração dos valores de evapotranspiração num índice de avaliação de seca de cariz meteorológico (Tsakiris & Vangelis, 2005), bem como permitir uma avaliação mais sensível da extensão espacial de uma dada situação de seca face a índices já existentes (Tsakiris *et al*, 2007b).

Fontes bibliográficas consideradas: Tsakiris & Vangelis (2005); Tsakiris *et al* (2007); Tsakiris *et al*, (2007a); Tsakiris *et al* (2007b); Tsakiris *et al* (2008).

Indicador(es) de base: As variáveis necessárias ao cálculo do RDI são a precipitação e a evapotranspiração potencial.

Cálculo: O cálculo do índice RDI tem por base a classificação original de aridez da FAO, o *FAO Aridity Index*, igualmente destacado por Kalma & Franks (2003), consistindo globalmente num rácio entre os valores de precipitação e de evapotranspiração potencial. Em termos anuais, o RDI é obtido a partir do cálculo de α_0, dado por [2.7]:

$$\alpha_0^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} PET_{ij}},\ i = 1,2,3,\ldots,n \qquad [2.7]$$

P_{ij} e PET_{ij} são, respectivamente, os valores de precipitação e de evapotranspiração do mês *j* do ano *i*, começado habitualmente no mês de Outubro, de acordo com o início do ano hidrológico considerado no Sul da Europa (Tsakiris *et al*, 2007b).

Existem duas versões do índice RDI: a versão normalizada e a versão padronizada. O primeiro caso corresponde a uma normalização através do valor de α_0 característico da região (média para o período de registos - $\overline{\alpha_0}$). É dado por [2.8]:

$$RDI_n^{(i)} = \frac{\alpha_0^{(i)}}{\overline{\alpha_0}} - 1 \qquad [2.8]$$

Por outro lado, a versão padronizada do RDI segue o mesmo princípio base do SPI, ou seja, de quantificação do número de desvios padrão que um dado valor apresenta face à média desses valores no período de registos em análise. O RDI padronizado ($RDI_{st}^{(i)}$) é dado por [2.9]:

$$RDI_{st}^{(i)} = \frac{y_k^{(i)} - \overline{y_k}}{\sigma_{y_k}}, \qquad [2.9]$$

Para tal admite-se que os valores de α_0 seguem uma função de distribuição *lognormal*, $y_k^{(i)} = \ln(\alpha_0^{(i)})$, sendo $\overline{y_k}$ correspondente à média do período de registos e σ_{y_k}ao desvio padrão em igual período (Tsakiris & Vangelis, 2005; Tsakiris *et al*, 2007b). Não obstante, estudos posteriores dos mesmos autores do RDI (Tsakiris *et al*, 2008) apontam que a função de distribuição *Gamma* permite também obter bons resultados para o RDI_{st}, dado o bom ajuste dessa função de distribuição aos valores de α_0.

Em relação à quantificação dos valores de evapotranspiração, embora na definição original do *FAO Aridity Index* tenha sido preferencialmente considerado o método de *Penman*, no caso do RDI é considerado que o método de *Thornthwaite* permite uma boa aproximação desses valores (Tsakiris & Vangelis, 2005).

De qualquer forma, além de valores anuais, o RDI, tal como o SPI, pode ser calculado para valores de precipitação e evapotranspiração potencial de qualquer outro período, embora, enquanto índice de avaliação de seca meteorológica, seja aconselhada a sua aplicação para valores de 3, 6, 9 e 12 meses (Tsakiris *et al*, 2007a).

Nesse sentido, uma vez que o RDI_{st} segue os mesmos princípios base do SPI e os seus resultados são também bastante aproximados, é considerado que a escala de classificação de severidade deste índice poderá ser a mesma do SPI (Tabela 2.3) (Tsakiris *et al*, 2007a; 2008).

Por fim, como o RDI assume por base dados de considerável variabilidade espacial (precipitação e evapotranspiração potencial), o mesmo tem sido utilizado na avaliação da extensão espacial de áreas afectadas por situações de seca (Tsakiris *et al*, 2007a; 2008)

Vantagens: Conforme destacado em Tsakiris & Vangelis (2005) e Tsakiris *et al* (2007b), apontam-se como principais vantagens deste índice:

- significado físico concreto, representando o *deficit* entre a precipitação ocorrida e a capacidade evaporativa da atmosfera;
- possibilidade de determinação para diferentes períodos de tempo (1 mês, 2 meses, etc.);
- representatividade da seca agrícola (necessidades das plantas);
- directamente relacionado com as características climáticas da região em análise (o valor anual $\alpha_0^{(i)}$pode ser comparado com o *FAO Aridity Index*);
- possibilidade de avaliação dos efeitos de eventuais alterações climáticas sobre a escassez de água (admitindo a precipitação como disponibilidades e a evapotranspiração potencial como necessidades).

Desvantagens: A principal desvantagem do índice RDI é o facto de não permitir a avaliação das disponibilidades para as diferentes utilizações. Por outro lado, apesar de incluir uma avaliação da evapotranspiração, considerando os valores potenciais ou de referência (ETo), o índice cinge-se à avaliação da fase meteorológica. Além disso, os seus resultados são bastante próximos do SPI (Tsakiris *et al*, 2007b), sendo até considerada a mesma escala de classificação. Este facto, em conjunto com a maior complexidade na determinação do RDI, face ao SPI (necessita de mais dados para o cálculo da ETo) poderá desvirtuar a opção pelo índice RDI.

2.2.3.8 Índice de Estado

A propósito da criação de um sistema de avaliação de secas espanhol foi definido, pelo *Ministério de Medio Ambiente* em conjunto com o *Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas - CEDEX*, um procedimento específico para avaliação de diferentes variáveis hidrometeorológicas (ex. precipitação, volumes armazenados em albufeiras, etc.). Porém, uma vez que estas variáveis não são directamente comparáveis, foi definido um índice adimensional, designado índice de estado, para avaliação das diferentes variáveis face ao respectivo histórico de registos (Estrela *et al,* 2006).

Fontes bibliográficas consideradas: Prieto (2005); Estrela *et al* (2006); CHG (2007).

Indicador(es) de base: Este índice permite avaliar qualquer tipo de variáveis incluindo precipitação, escoamento, volumes armazenados em albufeiras e níveis piezométricos.

Cálculo: Para definição do Índice de Estado foram considerados dois conceitos base essenciais (CHG, 2007): (i) a necessidade de homogeneização dos indicadores num valor numérico adimensional, para quantificação da situação de cada variável face ao seu passado histórico e para comparação quantitativa dos indicadores seleccionados, e (ii) a média aritmética, sendo um dos parâmetros estatísticos mais robustos, deverá ajustar-se convenientemente à avaliação da situação real de uma zona afectada por uma situação de seca. Assim, sendo possível aplicar o índice de estado de forma contínua em situação de seca, situação normal, ou situação húmida, este poderá será obtido por [2.10] e [2.11], conforme o valor em análise esteja acima ou abaixo da média, respectivamente:

$$\text{Se } V_i \geq V_{med} \Rightarrow I_e = \left[1 + \frac{V_i - V_{med}}{V_{max} - V_{med}}\right] \quad [2.10]$$

$$\text{Se } V_i < V_{med} \Rightarrow I_e = \frac{V_i - V_{min}}{2(V_{med} - V_{min})} \quad [2.11]$$

Sendo V_i a variável de análise, V_{min} o valor mínimo da série de registos, V_{max} o valor máximo e V_{med} a média, os resultados deste índice variam entre 0 e 1 (Figura 2.7).

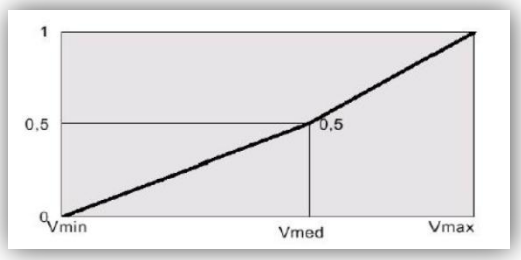


Figura 2.7: Variação do índice de estado em função de Vi (Estrela *et al,* 2006).

Dependendo do tipo de variável em análise poderá ser definido um período de tempo específico para o correspondente acompanhamento, como, por exemplo, a avaliação de dados de precipitação anual, ou de escoamentos trimestrais ou, ainda, de volumes armazenados em albufeiras ao final do mês, de acordo com o considerado representativo da afectação causada pela situação de seca na região em causa (Estrela *et al,* 2006).

Assumindo, como objectivo principal, a avaliação mensal de severidade de seca, com base no estado hidrológico de uma dada região, para a adopção de medidas de mitigação, foi definida uma classificação segundo diferentes níveis de alerta de seca (Estrela *et al,* 2006). Tendo por base a bacia do Júcar, foi definida, originalmente, a seguinte escala de classificação (Tabela 2.6).

Tabela 2.6: Escala de classificação original do índice de estado (Estrela *et al,* 2006).

Valores do I_e	**Classificação de severidade**
$I_e > 0.5$	Situação de normalidade
$0.3 < I_e \leq 0.5$	Situação de Pré-Alerta
$0.15 < I_e \leq 0.3$	Situação de Alerta
$I_e \leq 0.15$	Situação de Emergência

Este índice é, assim, utilizado na avaliação e gestão de secas em Espanha tendo servido à definição de estratégias de actuação, segundo os diferentes níveis de seca, nos *Planes Especiales de Sequia*. Por essa razão, em algumas situações, como no caso da parte espanhola da bacia do Guadiana (CHG, 2007), foi necessário adaptar os limites dos intervalos da escala de classificação de severidade predefinida, de forma diferenciada para as diferentes variáveis analisadas e para as diferentes regiões, de acordo com as características das origens e utilizações locais, para melhor representação dos impactos reais ocorridos.

Vantagens: Uma das principais vantagens deste índice prende-se com a sua simplicidade e versatilidade de análise e aplicação, bem como a facilidade de avaliação expedita do estado dos principais recursos hídricos da região. Além disso, dada a sua natureza essencialmente operacional, permite uma fácil ligação entre a classificação de severidade de seca e a implementação de medidas, de acordo com as características da região.

Desvantagens: As principais desvantagens deste índice prendem-se com:

- A definição de uma comparação fixa com a média, sendo de notar que a representatividade da mediana em variáveis como a precipitação ou escoamento pode ser a mais indicada.

- O facto de não ter associada nenhuma função de distribuição associada, o que não permite a determinação da probabilidade de ocorrência ou do período de retorno associado a uma determinada situação de seca.

- A comparação de variáveis representativas de distintas fases do ciclo hidrológico, uma vez que os valores do Índice de estado aplicado individualmente podem não ser comparáveis no que toca a frequências de ocorrência.

2.2.3.9 Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI)

Apresentado recentemente por Vicente-Serrano *et al* (2010), a formulação matemática do índice SPEI é bastante similar à do índice SPI, mas procura integrar a componente de evapotranspiração na avaliação de seca, aproximando-se do tipo de avaliação proporcionada pelo PDSI.

Fontes bibliográficas consideradas: Vicente-Serrano *et al* (2010), Beguería *et al* (2010).

Indicador(es) de base: Precipitação e temperatura.

Cálculo: O desenvolvimento do SPEI assentou no pressuposto de que a temperatura poderá assumir uma importância significativa na evolução de situações de seca, em especial em regiões onde a variabilidade da temperatura é mais próxima da da precipitação, nomeadamente para a representação da evolução dos impactos de seca em culturas agrícolas (mais dependentes do balanço entre precipitação e evapotranspiração). Por outro lado, Vicente-Serrano *et al* (2010) destacam que um índice de seca deverá ser determinado em diferentes escalas temporais, ao contrário do que acontece com o índice PDSI, de modo a possibilitar uma maior flexibilidade de caracterização dos impactos de seca passíveis de ocorrerem em diferentes fases de evolução de seca (ao nível do solo, hidrológica, socioeconómica), sectores utilizadores (de acordo com os tipos de origens de água associados) e regiões (de acordo com as características de utilizações e origens de água). Além disso, os mesmos autores apontam que apenas com a incorporação de dados de temperatura será possível, a um índice de seca, reflectir um agravamento da severidade de seca, em cenário de alterações climáticas.

Assim, a determinação do índice SPEI passa pelo cálculo do balanço mensal (Di) entre a precipitação mensal (*Pi*) e a evapotranspiração de referência (ETo_i), segundo [2.12]:

$$D_i = P_i - ET_{0_i} \qquad [2.12]$$

Embora seja referida a possibilidade de serem utilizados vários métodos de determinação da evapotranspiração de referência (*ETo*), em Vicente-Serrano *et al* (2010) esse parâmetro é determinado através do método de *Thornthwaite-Mather* (Thornthwaite & Mather, 1955), e tendo por base a informação constante na base de dados da *Global Historical Climatology Network* (NCDC, 2010a).

O balanço mensal (*Di*) pode ser agregado em diferentes escalas temporais (1, 3, 6, 12 meses, etc.) através do somatório, em cada mês, dos balanços mensais dos k meses anteriores, sendo k a escala temporal definida. Por fim, é efectuado o ajuste de uma função de distribuição de probabilidade, de forma similar ao SPI, embora, no caso do SPEI, esse ajuste seja feito com base nos valores do balanço mensal, agregados na escala mensal (k) definida, tendo, em Vicente-Serrano *et al* (2010), sido considerada a distribuição tri-paramétrica de Pearson III. Com base no ajuste da função de distribuição de probabilidade conseguido, o valor de SPEI é dado por [2.13].

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1.W + C_2.W^2}{1 + d_1.W + d_2.W^2 + d_3.W^3}, \qquad [2.13]$$

sendo

$$W = \sqrt{-2.\ln(Prob)} \text{ para } Prob \leq 0.5, \qquad [2.14]$$

em que *Prob* corresponde à probabilidade de excedência de um determinado valor de balanço *Di.* Se *Prob* > 0.5, então *Prob* é substituído por 1- *Prob*, e o sinal do SPEI resultante é invertido. Resulta, desta forma, que o SPEI assume um valor médio de 0 e um desvio padrão igual à unidade.

Vantagens: Tal como referido nas razões e princípios base subjacentes ao desenvolvimento do índice SPEI, e de acordo com o demonstrado em Vicente-Serrano *et al* (2010) e Beguería *et al* (2010), as principais vantagens deste índice estão relacionadas, por um lado, com a inclusão da componente de evapotranspiração e, consequentemente, dos dados de temperatura de uma dada região, na avaliação de situações de seca, e por outro, com a flexibilidade para avaliação de diferentes escalas temporais, permitindo representar a ocorrência de impactos em diferentes fases de evolução de uma situação de seca. Em relação ao índice RDI, Vicente-Serrano *et al* (2010) apontam que o SPEI apresenta uma maior representatividade do impacto da temperatura na avaliação de secas e que, face àquele, não tem a limitação de o índice ser indefinido quando a evapotranspiração potencial é nula. Além disso, como em Vicente-Serrano *et al* (2010) é utilizada uma base de dados comum a todo o mundo, sendo descrita a aplicação deste índice a regiões com características diversas localizada em quatro continentes (América, África, Europa e Ásia), é possível uma uniformização da avaliação no espaço, possibilitando a comparação directa entre diferentes regiões.

Desvantagens: Sendo um índice recente (2010), não são conhecidas análises específicas do mesmo, ou de comparação com outros índices já existentes. Não obstante, poderá apontar-se, como principais desvantagens, o facto de este índice não permitir a avaliação das disponibilidades para as diferentes utilizações e, de os seus resultados se verificarem bastante próximos do SPI, principalmente nas condições climáticas actuais (Vicente-Serrano *et al*, 2010). Por outro lado, apesar de se poderem definir diferentes escalas temporais para representação da ocorrência de impactos nas diferentes fases do ciclo hidrológico, variando as escalas temporais do balanço em avaliação, os valores do SPEI, tal como sucede com o SPI, resultam bastante diferentes, sendo necessário analisar, para cada região, a escala que melhor se adapta à verificação de impactos nas diferentes fases do ciclo hidrológico.

2.2.4 Esquemas de avaliação regional de severidade de seca

Apesar de, no ponto 2.2.3, terem sido destacados os principais índices de seca mais utilizados a nível mundial, em que, fundamentalmente, se avalia o estado ou grau de afectação de uma determinada variável, o fenómeno de secas não ocorre pontualmente, devendo a avaliação de severidade de seca atender, não só ao grau de afectação do determinante escolhido, mas também à extensão de área afectada e, principalmente, aos impactos que poderão ocorrer nessa região. Para isso são considerados 3 esquemas alternativos de avaliação da afectação regional causada por uma situação de seca: (i) o processo de caracterização de secas regionais, utilizado pelo INAG, I.P., (ii) a avaliação com base em informação de satélite e (iii) a avaliação com base num sistema de indicadores múltiplos. Neste último caso serão, ainda, detalhados os exemplos do sistema de indicadores múltiplos do Estado da Geórgia (EUA), o *US Drought Monitor* (EUA) e o sistema de indicadores hidrológicos de Espanha. Para cada um destes esquemas de avaliação serão destacados os correspondentes pontos fortes e fracos, à luz dos objectivos identificados para o presente trabalho.

2.2.4.1 Caracterização de secas regionais

A análise da extensão espacial de secas baseia-se na distribuição espacial da variável de base, a partir de medições pontuais consideradas representativas de determinadas áreas elementares, justificando-se a sua aplicação quando as características climáticas e/ou geomorfológicas da região em análise são especialmente variáveis (Santos, M.J., 1996). Nesse sentido, uma das primeiras caracterizações de secas regionais foi apontada por Tase (1976) e detalhada por Vaz (1993), partindo de valores de precipitação mensais e definindo que: (i) a área de défice corresponde à área em que a precipitação é inferior ao valor crítico, (ii) o défice regional total corresponde à soma ponderada dos défices determinados nos vários pontos de medição e (iii) a máxima intensidade do défice é dada pelo máximo défice entre os vários postos em análise.

As anteriores definições assentam nos conceitos base definidos no designado método ou teoria dos chorrilhos (*Run method*), inicialmente desenvolvido por Yevjevich (1967). Tal como descrito em Rossi *et al* (1992), considerando aproximadamente estacionária a série discreta da variável *x (j,k)*, sendo j o passo temporal e k uma dada estação de monitorização em análise, o método consiste em avaliar os défices ou *surplus* consecutivos, por exemplo para a precipitação, definidos a partir de um dado nível de truncatura (como a média, ou mediana, ou outro qualquer valor com um dado nível de probabilidade de ocorrência associada)[52]. Segundo este método a duração de uma dada situação de seca será dada pelo número de intervalos consecutivos em que o valor da variável se encontra abaixo do nível de truncatura, enquanto o volume em défice será dado pelo somatório dos desvios da variável, face ao nível de truncatura, em igual período. A severidade ou intensidade de seca pode ser dada pela divisão do volume em défice, numa dada situação de seca, e a duração correspondente.

Considerando estes mesmos princípios de base, o processo de caracterização de secas regionais em Portugal deu os primeiros passos através de Santos (1981) e Santos *et al* (1983). Nestes trabalhos, levados a cabo para Portugal Continental, foi considerada a precipitação como variável determinante para avaliação de uma situação de seca e as amostras pontuais de base (séries de registos das estações de monitorização existentes na região em análise) como representativas de áreas elementares, neste caso dadas pelos respectivos polígonos de *Thiessen* (Thiessen, 1911). Estando associado um nível de truncatura específico a cada uma destas amostras pontuais, de acordo com as características da série de registos em causa, foi considerado que a área que, instantaneamente, estaria em seca, seria dada por A_s [2.15]:

$$A_s(t) = \sum_{k=1}^{M} a_k . I_{K(t)}(k) \qquad [2.15]$$

M corresponde ao número de estações de monitorização avaliadas, $I_{K(t)}(k)$ a função indicador da existência (ou não) de seca numa dada estação, igual a 0 ou 1 conforme o valor da variável de base se encontre, no instante *t*, acima ou abaixo, respectivamente, do nível de truncatura definido e a_k a área efectiva representada pela estação *k*. Por sua vez, o défice espacial de seca, num dado instante *t*, é dado pelo somatório ponderado pelas áreas em seca dos défices ocorridos na região em análise [2.16]:

$$D(t) = \sum_{k=1}^{M} a_k [f_k(t) - X_k(t)] I_{K(t)}(k) \qquad [2.16]$$

[52] Este método surge já simplificadamente descrito no ponto 1.3.1 – Figura 1.9.

Neste caso $f_k(t)$ é o nível de truncatura específico para a estação *k* em análise e $X_k(t)$ o valor da variável de análise, sendo subjacente o princípio base de que apenas se está perante uma seca regional quando a área afectada excede um valor crítico A_c.

Não obstante, Santos (1983) indicava já a necessidade de consideração de apenas um critério de definição de situações de seca, tendo proposto que a caracterização dessas situações fosse feita tomando como referência o valor de área crítica (A_c), tal como posteriormente também veio a ser adoptado em Correia *et al* (1987) e (1991); Vaz (1993) e Rodrigues *et al* (1993). Metodologia muito similar foi adoptada por Rossi (1979) e (1983) e Rossi *et al* (1993), para a região da Sicília, bem como por Tsakiris *et al* (1992) para a bacia de Mornos, na Grécia. Foi, então, considerado que, em lugar do défice, uma seca regional poderia ser caracterizada pela área afectada num dado instante, de tal resultando a seguinte definição (Rossi *et al*, 1992):

- Duração, *L*, definida como correspondente ao número de intervalos de tempo consecutivos (*i*) em que a área em défice excede a área crítica (A_c);

- Área em défice, *A*, definida como a média da área em seca A_d (i), durante o período de duração *L* de seca, sendo A_d (i) ≥ A_c;

- Défice da área afectada, *U*, como somatório, durante o período *L,* dos défices correspondentes à área em seca, quando essa excede a área crítica;

- Intensidade de seca regional, *I*, definida como o rácio resultante da divisão do défice total, *U,* pela duração de seca, *L*.

Em alternativa à utilização dos polígonos de *Thiessen*, alguns autores (Tase, 1976; Tsakiris *et al*, 1992; Rossi *et al*, 1992), consideraram a subdivisão da região de análise numa grelha quadrada homogénea, associando, a cada quadrícula, valores para a variável de análise, de acordo com a distância ao ponto de amostragem. Tal permite que, em áreas mais heterogéneas, se possa associar a variável elevação (cota altimétrica) e avaliar a influência relativa da precipitação a diferentes altitudes (Rossi *et al,* 1992).

Ainda relativamente ao método de base de caracterização das secas regionais (Santos, 1983), Vaz (1993) considera uma alternativa simplificada, com base na avaliação de séries ponderadas de precipitação. Segundo este autor, quando a região em estudo apresenta características fisiográficas e climáticas relativamente homogéneas, a metodologia de avaliação de secas regionais pode ser resumida à avaliação da série de precipitações, obtida por ponderação das áreas dos polígonos de *Thiessen* representativos das estações amostrais consideradas, com base no método dos chorrilhos ou *run method*, evitando, assim, também, a necessidade de definição de dois parâmetros de críticos – o nível de truncatura e de área crítica.

Posteriormente, em Portugal, foi desenvolvido um modelo de distribuição de secas regionais (Santos, M.J., 1996) que constitui a base do procedimento utilizado até ao momento pelo Instituto da Água, I.P. para avaliação de situações de seca (Rodrigues *et al*, 2005). De facto, o modelo tem por base os procedimentos descritos anteriormente, sendo aplicado a variáveis de precipitação. São considerados, como pontos amostrais, as estações de monitorização existentes, representadas pelas áreas elementares definidas pelos polígonos de *Thiessen*. Uma das principais diferenças, face ao anteriormente descrito, prende-se com a normalização dos valores das séries de precipitação através da transformação de BOX-COX (Box & Cox, 1964)

sendo definidos parâmetros regionais distintos para as regiões Norte e Sul do país. A consequente padronização da variável transformada (P_t) é dada segundo [2.17]:

$$Z(i) = \frac{P_t(i) - \overline{P_t}}{\sigma_{P_t}} \qquad [2.17]$$

Nesta expressão, *Z (i)* é a variável padronizada para um dado instante de análise *i*, $\overline{P_t}$ a média da série de precipitação transformada e σ_{P_t} o desvio padrão dessa mesma série. Correspondendo à normalização e padronização do défice originalmente definido por Yevjevich (1967) e depois adaptado por Santos (1981), esta variável normalizada e padronizada é equivalente ao índice SPI descrito anteriormente (Mckee *et al*, 1993), constituindo o elemento de base do procedimento de análise do sistema de distribuição de secas regionais. Neste procedimento, ao contrário do inicialmente definido por Santos (1981), as secas regionais não são avaliadas segundo uma área crítica, mas sim por uma análise de *clusters* ou núcleos (áreas). De facto, tal como descrito em Santos, M.J. (1998) e Santos, M.J. *et al* (2002), este modelo considera que as secas ocorrem com maior intensidade em núcleos ou áreas elementares da região, a partir dos quais se deverá analisar a distribuição em áreas elementares adjacentes. A primeira área a ser seleccionada será aquela em que a variável Z correspondente será menor. Se o valor de Z for menor que um valor limite estipulado para a definição de seca (equivalente ao nível de truncatura), então a área é classificada como estando em seca e o método prossegue para a análise das áreas adjacentes a esta. A área seguinte a ser seleccionada será aquela em que, na área total (anterior mais adjacente) o novo valor de Z calculado com a ponderação das áreas correspondentes for menor. De igual forma é comparado com o valor limite e, se se verificar que permanece inferior a esse valor, toda a área é classificada como estando em seca, seguindo o procedimento até que o valor de Z correspondente à área seleccionada seja inferior ao valor limite, ou a área afectada seja igual à área total da região em análise (i.e. toda a região classificada como estando em seca).

Determinadas as principais situações de seca ocorridas no período de registos das variáveis instrumentais associadas a áreas elementares, é efectuada uma simulação de séries mais longas, a partir de modelos de simulação de séries sintéticas, como por exemplo o modelo de Monte Carlo (Metropolis & Ulam, 1949). Este modelo permite a obtenção de séries longas mantendo as características estatísticas das séries históricas originais. Em seguida são determinadas, a partir das séries simuladas, os parâmetros definidores de curvas que permitem traduzir a relação entre as características de severidade de seca (definida por Z) e a área afectada, em função da probabilidade de ocorrência (ou período de retorno) – as designadas curvas severidade-área-frequência. Por comparação com as referidas curvas, será possível analisar os valores de severidade obtidos para as secas identificadas no período de registos, e determinar o correspondente período de retorno. Este processo é esquematizado na Figura 2.8.

Importa realçar que a representação da severidade em função da área afectada é similar ao designado por Tsakiris *et al* (2007) e (2007a) como curvas *cumulative "or more"*, embora este autor não considere a utilização deste tipo de representação gráfica para determinação do período de retorno das situações de seca em análise.

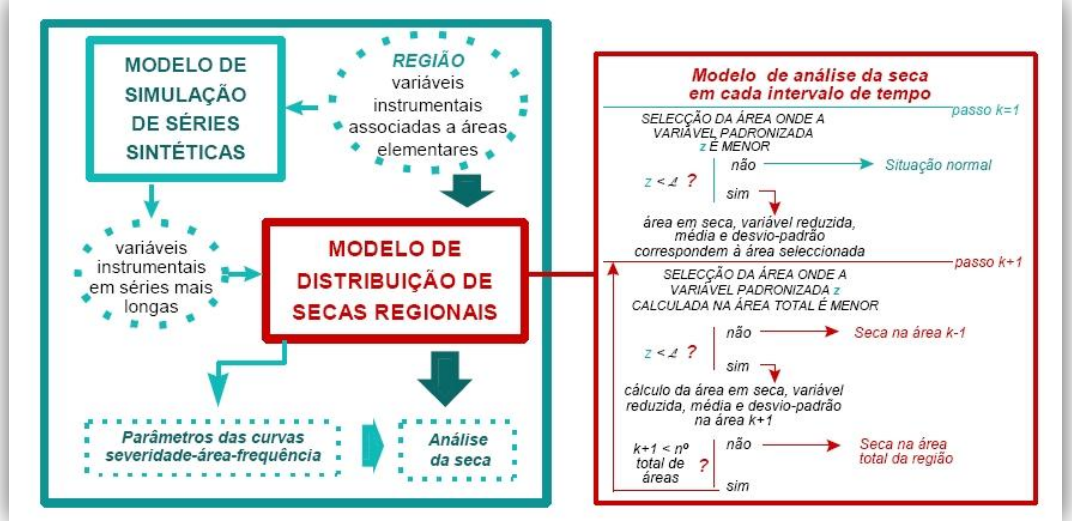


Figura 2.8: Representação esquemática do modelo de secas regionais (Santos, M.J., 1998)

Uma nota adicional relativamente ao modelo português prende-se com o facto de, actualmente, ser utilizado um *software* de cálculo automático para avaliação da distribuição espacial das secas – rDT (Orlando, 2001; Orlando *et al*, 2001). Este *software* evoluiu em termos da distribuição espacial dos valores de precipitação, face aos conceitos iniciais (com base apenas nos polígonos de *Thiessen*), permitindo a opção pelo cálculo, quer a partir desses polígonos, quer a partir de uma grelha quadrada homogénea, tal como considerado por Tase (1976) e Tsakiris *et al* (1992).

Refira-se, por último, que, mais recentemente, Tsakiris *et al* (2007a) procurou demonstrar a versatilidade do método de análise de secas regionais ao substituir a variável de análise por valores de SPI e de RDI, ambos descritos no ponto 2.2.3. Com os resultados obtidos, é possível classificar as áreas afectadas de acordo com as classificações de severidade de seca dos dois índices referidos.

Pontos fortes e limitações

A metodologia de caracterização de secas regionais permite aproximar, espacialmente, onde poderão estar concentrados os principais problemas ou, até, onde eles se poderão vir a verificar no futuro, sendo bastante relevante no processo de gestão de situações de seca. Porém, a metodologia geral seguida, também em Portugal, acaba por pecar por estar especialmente moldada para a avaliação da variável precipitação, ou de índices com base nesta, o que acaba por se dever às dificuldades de normalização e às características de não estacionariedade de outros tipos de variáveis. Além disso, para a adopção de medidas, será necessário obter uma classificação global por unidade de gestão, como por exemplo a bacia hidrográfica, obrigando a uma integração espacial dos valores num resultado único final para toda essa área, tal como sugerido por Tsakiris *et al* (2007a).

2.2.4.2 Avaliação com base em informação de satélite.

Os primeiros satélites meteorológicos, lançados no espaço há cerca de 50 anos, tinham como principal objectivo auxiliar e melhorar a capacidade de previsão meteorológica (Kogan, 2000). Não obstante, cedo se descobriu a sua utilidade para a avaliação de impactos decorrentes do clima e de fenómenos meteorológicos. Assim, em especial desde a década de 80, foi sendo utilizada informação de satélite para a detecção, monitorização e avaliação de impactos de seca, tendo por base as condições da vegetação (Kogan, 1995; 1997; 2000).

O princípio base da utilização de dados de detecção remota para avaliação de alterações das características da vegetação, nomeadamente no que toca a alterações na clorofila, do teor de humidade e nas condições de temperatura das plantas, corresponde ao facto de a folha de uma planta reflectir e transmitir a radiação solar incidente de uma forma que é caracterizada pelo teor de humidade existente nas células pigmentadas (Gates, 1970). Por essa razão, foi iniciado um estudo mais aprofundado na interpretação dos sinais recebidos pelos sensores de detecção remota disponíveis, tendo sido realizados diversos ensaios laboratoriais relativos à reflectância e transmitância espectral das folhas de plantas. Tal permitiu detectar variações relevantes dessas características para algumas bandas de comprimento de onda, sendo as mais significativas entre as bandas do visível e do infravermelho (0.5 a 1.4 μm) (Myers, 1970). Na sequência desses estudos, as alterações da reflectância nessas bandas começaram a ser utilizadas para a classificação de usos do solo, para a estimativa de produtividades das culturas e para a detecção de stress hídrico das culturas (Tarpley *et al*, 1984). Tendo por base os dados de monitorização das bandas espectrais do visível (0.58 - 0.68 μm) e do infravermelho próximo (0.73 – 1.10 μm), obtidos a partir dos sensores instalados nos satélites meteorológicos, como é o caso do sensor AVHRR – *Advanced Very High Resolution Radiometer* do satélite NOAA-7, que obtêm dados contínuos com uma resolução de 4 km (global) a 1km (em áreas específicas), várias foram as combinações matemáticas testadas. Dessas, a que obteve melhores resultados foi a correspondente ao índice NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index* (Rouse *et al,* 1973 e 1973a; Tucker, 1979; Tarpley *et al*, 1984; Tucker & Sellers, 1986), traduzido pela expressão [2.18]. Este índice obteve melhores resultados pois permite uma certa compensação das variações sentidas devido, por exemplo, às condições de luminosidade e às inclinações da superfície terrestre (Tarpley *et al*, 1984).

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS} \qquad [2.18]$$

Sendo NIR (*near infrared*) a reflectância espectral na banda do infravermelho próximo e VIS a reflectância espectral na banda do visível, este índice permite detectar as situações em que existe uma redução das condições de humidade nas plantas, uma vez que, nessa situação, a reflectância na banda do visível (VIS) aumenta, enquanto a reflectância na banda do infravermelho próximo (NIR) diminui. Desta forma, a vegetação saudável e em óptimas condições de desenvolvimento dá origem aos valores de NDVI mais elevados, enquanto nas situações de seca se verifica uma redução significativa dos valores de NDVI (Kogan, 1997), verificando-se ainda uma correlação bastante razoável entre as variações do NDVI e as reduções mais significativas de produção primária (Tucker, 1979; Tucker & Sellers, 1986).

Não obstante, as flutuações de curto prazo do NDVI deverão ser distinguidas das variações de longo prazo, uma vez que estas últimas podem reflectir alterações mais

significativas na condição da vegetação face ao normal para determinadas épocas do ano. Atendendo a esse facto foi desenvolvido um novo índice, a partir dos dados de NDVI, denominado VCI – *Vegetation Condition Index* [2.19] (Kogan, 1995).

$$VCI = 100 * \frac{(NDVI - NDVI_{min})}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \ (\%) \qquad [2.19]$$

NDVI, $NDVI_{min}$ e $NDVI_{max}$ correspondem, respectivamente, aos valores médios semanais, mínimo e máximo absolutos de NDVI, para o período plurianual de avaliação (Kogan, 1995).

Apesar de existir uma boa correlação entre os valores mais baixos deste índice e os valores de produção de algumas culturas (como por exemplo do milho dos EUA), este indicador não é, todavia, fiável a 100% pois, em algumas situações, podem resultar valores muito baixos sem que se verifique a existência de uma situação de seca (como pode ser o caso de situações com elevados teores de humidade e/ou situações de elevada nebulosidade) (Kogan, 1995).

Não obstante, apesar dos bons resultados obtidos na aproximação das condições de seca com base nos índices descritos, tem sido questionada, mais recentemente, a utilização sistemática dos mesmos, uma vez que a avaliação da causa específica, que está na origem da afectação das condições de vegetação, dependerá sempre da utilização de informação complementar adicional. Nesse sentido, surgiu o índice VegDRI – *Vegetation Drought Response Index*, que procura associar informação de seca meteorológica (SPI, PDSI) com informação obtida por detecção remota (NDVI), e ainda outros factores que podem alterar os efeitos de uma situação de seca, tais como a ocupação do solo, a capacidade de armazenamento dos solos, as áreas de agricultura regada e, ainda, as regiões identificadas como espaços naturais (Hayes *et al,* 2005; Brown *et al*, 2008). Globalmente a metodologia da determinação do VegDRI passa pelo processamento e organização de dados das variáveis em análise em fases sazonais, geração de modelos empíricos de classificação de informação do tipo análise categórica e árvores de decisão (CART), para cada fase sazonal e, por fim, aplicação dos modelos sazonais aos dados geoespaciais para a construção de um mapa de VegDRI com 1km de resolução espacial. Estes mapas podem ser definidos com periodicidade quinzenal e permitem uma percepção mais rigorosa do estado das condições de vegetação, devido aos efeitos de seca, facilitando uma avaliação e gestão a uma escala mais local (Brown *et al*, 2008).

Por outro lado, a nível Europeu (JRC, 2008) é utilizado o índice NDWI – *Normalized Difference Water Index* (Gao, 1996), tendo por base a reflectância dos canais do infravermelho próximo (NIR) e do infravermelho de onda curta (SWIR). Esta última varia tanto com os teores de humidade existentes na vegetação, como com a estrutura esponjosa do mesofilo das folhas das plantas, enquanto a reflectância na onda do infravermelho próximo é afectada pela estrutura interna das folhas das plantas e ainda pela matéria seca existente nas mesmas, mas não pelo teor de humidade. Desta forma, a combinação das duas reflectâncias reduz a variação devido à estrutura e composição interna das folhas das plantas, melhorando a precisão na determinação de alterações do teor de água nas plantas (JRC, 2008). O NDWI pode ser expresso pela fórmula [2.20], sendo ρ a reflectância para cada uma das bandas mencionadas:

$$NDWI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{SWIR})}{(\rho_{NIR} + \rho_{SWIR})} \qquad [2.20]$$

Gao (1996) considerou o NDWI um bom indicador dos níveis de humidade existentes nas plantas, tendo como vantagem, face ao NDVI, o facto de ser menos sensível a efeitos de dispersão provocados por condições atmosféricas. Além disso, o NDWI melhora a capacidade de avaliação do teor de humidade das plantas, face ao NDVI que avalia esse teor por análise da pigmentação das folhas das plantas (clorofila), que não é directamente, nem uniformemente relacionada com o teor de água existente nas plantas (Ceccato *et al*, 2002).

Na Península Ibérica também já existem algumas aplicações, com bons resultados, de avaliação com base em informação satélite, sendo, aqui, salientados dois exemplos, um para Espanha (Vicente-Serrano, 2007) e outro Portugal Continental (Gouveia *et al*, 2009).

Vicente-Serrano (2007) efectuou um estudo para a zona nordeste da Península Ibérica (bacia hidrográfica do rio Ebro) tendo comparado os valores de VCI mensais (para o período de 1987 a 2000) com os valores correspondentes de SPI, calculados a partir de dados de precipitação de estações meteorológicas da área. Nesse estudo foi possível verificar a existência de uma boa correlação entre os valores de VCI e os mapas de SPI, determinados com a mesma resolução (1km), em especial para o SPI com dados de precipitação acumulada a 12 meses, o que parece indicar que o estado da vegetação será, essencialmente, dependente da água acumulada no solo nos 12 meses anteriores. Não obstante, foi também verificado que essa correlação é, no entanto, variável no espaço, em especial com o tipo de uso do solo, confirmando-se uma maior sensibilidade dos valores de VCI para as áreas de sequeiro.

Por outro lado, Gouveia *et al* (2009) avaliou a variação do NDVI face à mediana para Portugal Continental, no período de 1999-2006. Da observação de valores de anomalia do NDVI em Portugal Continental, no período em causa, foi possível identificar os anos de 1999, 2002 e 2005 como os períodos de seca mais relevantes. Este último terá sido mesmo o mais gravoso com impactos significativos na vegetação, no sul do país, mantendo-se essa afectação em 9 dos 11 meses do ciclo vegetativo das culturas. Além disso, neste estudo, é referida a possibilidade de observação de impactos nas culturas, tanto em solos aráveis, como nas florestas, não obstante confirmar-se, nos terrenos aráveis, uma maior sensibilidade aos períodos secos.

Pontos fortes e limitações

Os principais pontos fortes deste tipo de avaliação estão relacionados com o facto de as fontes de informação (satélites) serem externas à superfície terrestre, eliminando-se alguns dos problemas mais correntes das redes de monitorização com base em estações pontuais (falhas por medição inadequada, vandalização, falta de manutenção ou até mesmo localização inadequada por dificuldades de acesso a algumas áreas). Além disso, permite abranger áreas não cobertas pelas redes de monitorização terrestres, sendo possível uma caracterização contínua no tempo e no espaço de uma vasta área. No caso das variáveis instrumentais, obtidas a partir das redes de monitorização, tal apenas é possível com recurso a modelos específicos de distribuição no espaço, como por exemplo a geoestatística (Kogan, 2000).

Não obstante estas vantagens e, ainda, o facto de estes dados estarem disponíveis praticamente sem custos para quase toda a superfície terrestre, existem também algumas limitações consideráveis, como sejam os problemas de "ruído" nas imagens processadas por

satélite, extremamente dependentes da existência de nuvens ou mesmo de aerossóis ou vapor de água na atmosfera, bem como outras limitações relacionadas, por exemplo, com a anisotropia da superfície terrestre, ou com o posicionamento do satélite em relação à área em avaliação (Kogan, 1997). Outra das mais importantes desvantagens deste tipo de informação, não obstante a evolução conseguida com o desenvolvimento do índice VegDRI, está relacionada com o facto de a detecção e avaliação de seca ser unicamente centrada na análise de impactos na vegetação, em especial nas áreas directamente dependentes das condições de precipitação, como é o caso das áreas de sequeiro. Por esse facto, torna-se difícil prever a evolução das restantes áreas agrícolas, nomeadamente de regadio, uma vez que dependem de origens de água distintas, bem como dos potenciais impactos sobre outros sectores utilizadores, como o abastecimento urbano, o turismo, a indústria ou até mesmo a produção de energia.

2.2.4.3 Avaliação global de indicadores/ índices múltiplos

No ponto 2.2.3 foram analisados diversos tipos de índices cuja formulação assenta, essencialmente, na avaliação de uma ou múltiplas variáveis instrumentais (indicadores), com vista à caracterização dos efeitos de seca decorrentes da afectação de uma ou mais fases do ciclo hidrológico. Não obstante, a avaliação isolada de cada um desses índices acaba por ter um valor relativamente parcial na avaliação de uma determinada região, pois os efeitos de seca dependem não só da componente climatológica (afectação das condições de precipitação) mas também das características da região, tanto no que toca às utilizações existentes e à sua dependência dos recursos hídricos, como no que diz respeito às características de armazenamento (naturais e artificiais, como é o caso das albufeiras) e, ainda, da flexibilidade de operação dos sistemas de exploração dos mesmos (Svoboda *et al*, 2004; Hayes *et al*, 2005; Steinemann *et al*, 2005; Garrote *et al,* 2007). Em sistemas com um considerável nível de regulação, a caracterização de situações de seca deverá, então, ser efectuada com base em diferentes tipos de avaliações/ variáveis, procurando atender às especificidades da região (Hayes *et al*, 2005; Garrote *et al*, 2007, Wilhite, 2009). Como exemplo poderá indicar-se o caso de uma região cuja utilização mais importante corresponda à agricultura de regadio, que se verifique ser, também, a principal ocupação do solo da área em análise. Neste caso, a verificação da ocorrência de impactos numa situação de seca não estará tão directamente relacionada com a afectação da precipitação (como acontece nas áreas de agricultura de sequeiro), mas antes com a variação dos níveis de água armazenados nas principais origens de água, sejam elas superficiais (albufeiras) ou subterrâneas (aquíferos).

Por outro lado, é importante notar que a avaliação segundo um parâmetro único acarreta vantagens significativas para o processo de tomada de decisão, facilitando o escalonamento de medidas e de procedimentos a adoptar, bem como a comparação entre diferentes situações de seca e regiões distintas (Wilhite, 2009).

Como experiências mais relevantes na avaliação global de secas, tendo por base indicadores/ índices múltiplos, são descritos, em seguida: (i) o caso do sistema de indicadores múltiplos desenvolvido no âmbito da elaboração do plano de gestão de secas do estado da Geórgia, EUA, no qual se procurou desenvolver um sistema de indicadores com consistência estatística, permitindo a combinação e comparação de indicadores de diferentes tipos para a

avaliação e definição de medidas de mitigação, tendo por base dados históricos e a experiência empírica dos principais especialistas na matéria (Steinemann & Cavalcanti, 2006), (ii) ainda nos EUA, o caso do *US Drought Monitor*, principal impulsionador, desde 1999, deste tipo de avaliação (Svoboda *et al*, 2002), e (iii), por último, o sistema de indicadores hidrológicos de Espanha, primeiro sistema de avaliação de secas Europeu a agregar informação de diferentes variáveis (desde a precipitação aos volumes armazenados, passando pelos níveis de escoamento e níveis piezométricos) para a obtenção de um resultado final global, por sistema de exploração (DGA, 2005).

Sistema de Indicadores Múltiplos – Estado da Geórgia (EUA)

Segundo Steinemann & Cavalcanti (2006), os principais problemas que, habitualmente, surgem na utilização e avaliação de diferentes tipos de indicadores/ índices de seca devem-se ao facto de não existir um trabalho de avaliação, comparação e validação dos mesmos, sendo muitas vezes utilizados de forma *ad hoc*, sem critério científico específico, condicionando seriamente a sua validade operacional. Uma vez que a grande maioria destes índices foi desenvolvida com base em dados de regiões com características muito diversas, os principais pontos fracos dos mesmos são, muitas vezes (Steinemann *et al*, 2005, Steinemann & Cavalcanti, 2006):

- Consistência espacial e temporal dos resultados dos diferentes índices, atendendo a que deverão poder representar uma razoável variabilidade temporal (p.e., ao longo do ano) e espacial (p.e., variações nas características do clima entre sub-regiões);
- Especificidade na definição das escalas espacial e temporal de avaliação, de acordo com as características da região de base, a partir da qual foram desenvolvidos;
- Consistência estatística dos valores limite e das diferentes categorias de severidade de seca entre índices distintos (correspondente, muitas vezes, a diferentes probabilidades de ocorrência);
- Distinção entre o despoletar de uma situação de seca e o alívio da mesma, devendo haver uma distinção ou reajuste dos valores limite para cada situação;
- Abordagem sistemática na combinação de indicadores/ índices múltiplos, havendo duas possibilidades essenciais para o fazer: (i) agregando os valores todos num só, numa metodologia similar à seguida, p.e., para o SWSI[53], embora as suas bases científicas sejam normalmente frágeis e a ponderação resultante seja essencialmente subjectiva; (ii) por avaliação contínua de diferentes índices, por exemplo dados de precipitação, de escoamento e de volumes armazenados, e classificação final do estado de seca de acordo com as classificações obtidas para os diferentes índices avaliados (a mais gravosa, a classificação média, etc.).

Tendo por base estas questões, Steinemann & Cavalcanti (2006) apresentaram uma metodologia que foi seguida no desenvolvimento do sistema de indicadores/ índices para suporte do plano de gestão de secas para o estado da Geórgia. Estiveram envolvidos, nesse processo, um grupo de representantes de diversas entidades ligadas à gestão da água, a nível local e

[53] Ver descrição no ponto 2.2.3.5.

também estadual, que designaram por *Georgia Drought Planning Commitee*, bem como cerca de 100 *stakeholders*, desse estado. A metodologia seguida assentou nos seguintes passos principais (Steinemann & Cavalcanti, 2006):

1 – Definição da escala espacial e do objectivo de avaliação;

2 – Desenvolvimento de indicadores/ índices de seca;

3 – Estabelecimento de níveis de severidade e alerta de seca;

4 – Definição dos objectivos para os valores limite dos diferentes níveis de severidade;

5 – Definição dos valores limite (percentis/ probabilidades de ocorrência) para os diferentes níveis de alerta e severidade;

6 – Determinação dos valores dos índices;

7 – Obtenção de sequências de classificação individualizadas para cada índice;

8 – Determinação de sequências de classificação globais de seca;

9 – Recolha da avaliação dos especialistas para uma situação de seca específica;

10 – Comparação da sequência de classificação global determinada com as avaliações respectivas dos especialistas na gestão de secas;

11 – Refinamento iterativo do processo de classificação global de seca;

12 - Selecção final dos indicadores/ índices finais e respectivos valores limite para a classificação dos níveis de alerta e severidade de seca.

Estabelecida a escala espacial de avaliação equivalente às divisões climáticas definidas pelo *National Climatic Data Center*[54] do *National Oceanic & Atmospheric Administration* (NOAA), correspondentes a áreas com características similares em termos de precipitação e temperatura, foram seleccionadas as principais variáveis de base a analisar de uma lista de mais de 100 possíveis indicadores. As quatro variáveis principais consideradas no final foram: precipitação (através do índice SPI, avaliado a diferentes escalas temporais de avaliação, SPI-3, 6, 9 e 12 meses), escoamento, volumes armazenados e níveis piezométricos. Estas variáveis serviram de base para definição de uma escala de níveis de alerta e severidade a considerar no plano de gestão de secas. Para tal, foram consideradas duas possibilidades na definição desses níveis: (i) a partir de percentis representando a probabilidade de ocorrência e, (ii) a partir dos reais impactos ocorridos. Uma vez que, para a concretização desta última hipótese, existem maiores dificuldades no tratamento analítico (devido à menor sistematização deste tipo de dados), a abordagem acabou por ser a de definição de percentis, considerada mais intuitiva, objectiva e fácil de ser implementada (Steinemann, 2003). Foram, então, considerados os seguintes níveis de alerta e severidade de seca apresentados na Tabela 2.7:

[54] http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html

Tabela 2.7: Níveis de alerta e severidade de seca definidos e respectiva probabilidade de ocorrência considerada (Steinemann & Cavalcanti, 2006).

Nível de alerta e severidade	Probabilidade de ocorrência (%)
0	35 a 50
1	20 a 35
2	10 a 20
3	5 a 10
4	Menos de 5

Como passo seguinte, foram estipulados, junto dos principais especialistas e gestores da água da região, os objectivos para a definição de valores limite representativos dos diferentes níveis de seca. Os aspectos principais indicados pelos representantes das entidades passaram pela distinção, através dos valores limite, entre: (i) o despoletar de uma situação de seca, permitindo a indicação do desenvolvimento de uma situação de seca, ainda em fase incipiente, mas minimizando falsos alarmes antes da adopção de medidas, e (ii) o alívio da mesma, situação em que os indicadores deverão ser conservativos, não permitindo a redução para classes de severidade inferiores sem que haja a confirmação de que a seca está mesmo em fase de alívio, evitando, todavia, situações de restrições prolongadas. Além disso, foi sugerido que os valores limite possibilitem uma certa estabilidade na classificação final, bem como uma transição suave e gradual entre níveis, devendo ser fáceis de determinar, compreender e implementar, para que possam apoiar, de forma eficaz, o processo de tomada de decisão e permitir uma justificação científica das decisões tomadas (Steinemann & Cavalcanti, 2006).

Perante estes objectivos, os indicadores seleccionados foram sujeitos a um processo de transformação para obtenção de maior consistência estatística, de forma a poderem ser agregados, comparados e analisados segundo o método dos percentis e da probabilidade de ocorrência associada. No caso da precipitação foi considerado o ajuste dos registos históricos a uma função de distribuição de probabilidade, neste caso a função de distribuição *Gamma* (para a aplicação do índice SPI), tendo sido avaliados diferentes períodos temporais para atender à maior estabilidade e menor oscilação na classificação de severidade de seca. Por sua vez, para as variáveis escoamento e volumes armazenados, foram definidas funções empíricas de distribuição de probabilidade, tendo por base a ordenação crescente dos registos históricos mensais. Assim, para cada mês, a estimativa de percentis é dada por [2.21]:

$$p(x) = \frac{i}{n+1}, \qquad [2.21]$$

sendo p(x) o valor de estimativa do percentil, *i* o número de ordem do registo avaliado e *n* o número de registos históricos total.

Depois de transformados os indicadores para determinação dos percentis, foram determinados os valores limite correspondentes a cada nível de severidade de seca (definidos na Tabela 2.7). Desta forma, foram obtidas as sequências de classificação de severidade de seca para cada indicador de base considerado. Estas sequências foram posteriormente combinadas de forma a obter uma classificação final de seca. Para tal foram desenvolvidos e avaliados três diferentes critérios para combinação de valores limites múltiplos, de modo a obter uma classificação única e final de alerta e severidade de seca, que permita a selecção de

medidas a implementar: (i) adoptar a classe de severidade mais severa do conjunto de indicadores, (ii) calcular a média das classes de severidade do mesmo conjunto (i.e. avaliar a classe mais comum, admitindo pesos iguais para todos os indicadores na ponderação final) e (iii) considerar valores limite para o despoletar de seca (IN – pelo menos um indicador permanece 2 meses consecutivos na classe de severidade mais grave) e valores limite para o alívio de seca (OUT – pelo menos um indicador mantém-se 4 meses consecutivos na classe de severidade inferior), sendo de realçar que o indicador que provocar o alerta para o despoletar de seca deverá, também, ser aquele, com base no qual deverá ser avaliado o alívio da mesma.

Para selecção da metodologia mais apropriada à definição da sequência final, foi solicitado aos principais especialistas envolvidos na gestão de uma situação de seca recente na área (1997-2001), a atribuição de uma sequência de classificação segundo os níveis de alerta definidos. No final, as sequências de classificação, assim definidas, foram devidamente processadas para comparação com as sequências resultantes das três metodologias indicadas de combinação de indicadores múltiplos. Esse procedimento levou, inclusive, à reavaliação de novos indicadores para melhor aproximação dos resultados indicados pelos gestores. No final o critério seleccionado foi o de consideração de valores limite específicos para o despoletar (IN) e para o alívio de seca (OUT) pela sua maior correlação com os resultados dos especialistas e, também, pela sua maior estabilidade na definição de períodos de seca. Além disso, foi possível seleccionar diferentes tipos de indicadores de acordo com as utilizações mais importantes em cada região e com o tipo de origens a que estão associadas.

US Drought Monitor (EUA)

O *US Drought Monitor* (USDM) providencia uma avaliação semanal da situação de seca identificando, desde 11 de Agosto de 1999, para as diferentes regiões dos EUA, os locais onde: (i) se assiste ao despoletar de uma seca, (ii) a situação de seca persiste e se encontra em desenvolvimento, ou (iii) é previsível que uma situação de seca venha a ter lugar. Este sistema é mantido pelos *National Weather Service's Climate Prediction Center* (NOAA), *U.S Department of Agriculture (USDA)* e *National Drought Mitigation Center (NDMC)* da *University of Nebraska – Lincoln* (NDMC, 2006; NIDIS, 2010).

A parceria entre as três instituições referidas possibilitou o desenvolvimento de um mapa que integra, em permanência, informação de vários índices, procurando ser de fácil leitura e compreensão, com um código de cores indicativo da severidade da situação de seca. Tal como indicado anteriormente[55], o *US Drought Monitor* é parte integrante do *National Drought Information System – NIDIS*[56] sendo o elemento base de avaliação das situações de seca nos EUA (NIDIS, 2010).

Este mapa (Figura 2.9) introduz um sistema de classificação da intensidade e tipologia das situações de seca similar ao usado para outros fenómenos meteorológicos, tais como os tornados e furacões (Svoboda *et al*, 2002). Para isso, combina informação de base climática, com a avaliação de especialistas e decisores a nível local e regional, de modo a produzir uma

[55] Ver ponto 2.2.1.1.
[56] www.drought.gov

classificação semanal da severidade de seca. Importa notar que este mapa não pretende funcionar como uma previsão, mas antes como uma avaliação da situação actual (Svoboda *et al*, 2002; 2004). Uma vez que a seca afecta, normalmente, várias actividades e sectores utilizadores, o mapa procura indicar os locais mais afectados, no que toca à agricultura – identificados com a letra A, referente a afectação da vegetação, pastagens e prados, e no que toca à componente hidrológica, identificados com a letra H, referente a impactos no escoamento superficial e níveis das águas subterrâneas e de albufeiras (NDMC, 2006; NIDIS, 2010).

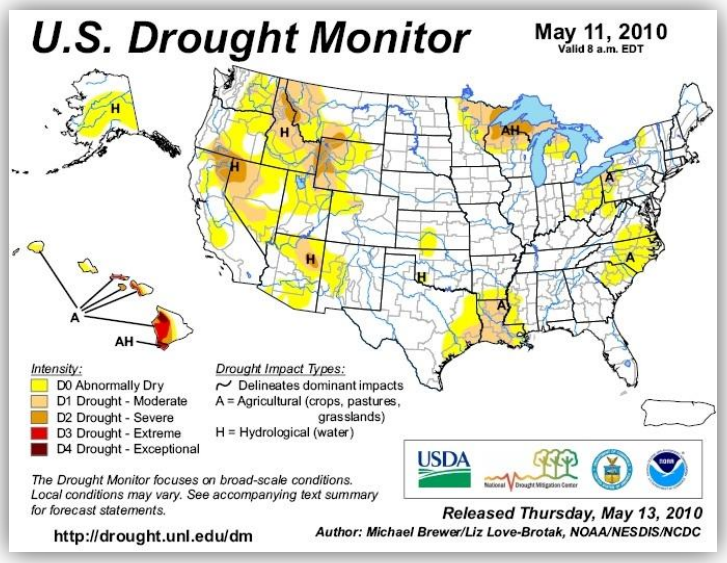


Figura 2.9: Exemplo de mapa do *US Drought Monitor* (NIDIS, 2010)

A resolução espacial de avaliação deste mapa corresponde, aproximadamente, à das divisões climáticas definidas pelo *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA)[57] que, variando entre as dezenas e as centenas de km^2, totalizam 344 divisões da área de todos os EUA, sendo, todavia, complementada, a um nível mais localizado, por recurso a novas ferramentas de satélite, de mais elevada resolução, que possibilitam uma avaliação mais rigorosa e localizada do estado da vegetação em todo o país (Brown *et al*, 2008).

As categorias de severidade de seca (D0 a D4), identificadas na Figura 2.9, são globalmente definidas com base numa avaliação composta, a partir de 5 índices principais (NDMC, 2006; NIDIS, 2010):

- *Palmer Drought Severity Index (PDSI)*
- *Standardized Precipitation Index (SPI)*
- *CPC Soil Moisture Model*
- *USGS Weekly Streamflow*
- *Short and Long Term Drought Indicator Blends*

[57] http://www.noaa.gov/

Tendo sido, alguns deles, devidamente avaliados em ponto próprio (2.2.3), descrevem-se brevemente, em seguida, as características dos principais índices de seca considerados no *US Drought Monitor*.

Palmer Drought Severity Index (PDSI)

O PDSI é actualizado semanalmente pelo *Climate Prediction Center*[58] tendo por base o procedimento descrito 2.2.3.2. Embora historicamente tenha sido o principal índice utilizado nos EUA, acaba por se revelar algo lento na detecção de situações de seca emergentes, além de não permitir a inclusão das camadas de gelo acumuladas nas regiões montanhosas, que constitui importante origem de água na região Oeste dos EUA (NIDIS, 2010).

Standardized Precipitation Index (SPI)

Tal como descrito em 2.2.3.6, o SPI é unicamente baseado na precipitação, podendo ser calculado para uma diversidade de escalas temporais. No caso do *US Drought Monitor* são tidas em consideração as escalas temporais de 1, 3, 6, 9 e 12 meses, uma vez que a flexibilidade de variação das escalas temporais, possibilita que o SPI seja um índice capaz de representar a ocorrência de diferentes tipos de impactos. Assim, enquanto o SPI a 1 mês está mais direccionado para a avaliação das variações de curto prazo, representando as flutuações na humidade do solo e das condições da vegetação, o SPI a 12 meses permite uma melhor representação dos impactos a longo prazo nos níveis de escoamento superficial, dos volumes armazenados e dos níveis piezométricos (NIDIS, 2010; NDMC, 2010). Este índice é determinado a partir dos dados do *National Climatic Data Center*[59], contando com a posterior análise do *Western Regional Climate Center*[60] e do *National Drought Mitigation Center*.

CPC Soil Moisture Model

Avaliação resultante do modelo do *Climate Prediction Center* (CPC) que envolve a previsão da anomalia diária das condições de humidade do solo, a partir de um modelo hidrológico de uma camada, que, com base em valores de precipitação e temperatura, calcula valores de humidade do solo, evaporação e escoamento (CPC, 2010a).

USGS Weekly Streamflow

Avaliação das condições de escoamento semanais pelas estações de monitorização do *US Geological Survey* (USGS)[61]. Estas estações possibilitam a comparação dos valores obtidos em tempo real com os percentis dos registos históricos para o mesmo período do ano, de forma a avaliar as condições de escoamento nas principais linhas de água (USGS, 2010).

Short and Long Term Drought Indicator Blends

Estes índices têm por objectivo avaliar a evolução da situação de seca e a respectiva ocorrência de impactos em diferentes escalas temporais, tendo por base a conjugação de diversos índices de seca, representados relativamente aos registos históricos (CPC, 2006; NIDIS, 2010).

[58] http://www.cpc.noaa.gov/
[59] http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html
[60] http://www.wrcc.dri.edu/
[61] http://www.usgs.gov/

O *short term blend index* procura representar a severidade dos impactos de seca directamente dependentes das condições de precipitação (e, de forma secundária, de outros factores, tais como o tipo de solo, a morfologia do terreno, etc.) que ocorrem numa escala temporal que varia entre alguns dias e alguns meses, nomeadamente em termos de: risco de incêndio, agricultura de sequeiro, humidade na camada de solo superficial, condições de pastagem e níveis de escoamento em trechos /linhas de água não regulados.

Por sua vez, o *long term blend index* procura aproximar os impactos que, sendo também directamente resultantes da afectação das condições de precipitação, têm lugar numa escala temporal que varia entre vários meses e alguns anos, nomeadamente em termos de: variações no armazenamento em albufeiras, dos níveis piezométricos e na afectação de actividades como a agricultura de regadio.

Estes índices têm, então, por base uma combinação ponderada de (CPC, 2006):

Short term blend index

- *35% Palmer z índex*
- *25% 3-Month precipitation*
- *20% 1-Month precipitation*
- *13% CPC Soil Moisture Model*
- *7% Palmer (Modified) Drought Index*

Long term blend index

- *25% Palmer Hydrologic Drought Index*
- *20% 12-Month Precipitation*
- *20% 24-Month Precipitation*
- *15% 6-Month Precipitation*
- *10% 60-Month Precipitation*
- *10% CPC Soil Moisture Model*

Para o mapa final do *US Drought Monitor*, estes cinco índices principais são conjugados e ponderados numa classificação única final (as classes de severidade de seca), de acordo com o seu maior ou menor ajuste à realidade para determinadas zonas. Não obstante, como se pretende traduzir um fenómeno complexo através de um sistema de classificação simples, poderão existir ainda outros índices que complementem a informação recolhida para determinadas zonas dos EUA, determinadas épocas do ano e, até, para diferenciar certas características locais, como a dependência dos níveis de gelo e neve na região Oeste dos EUA (Svoboda *et al*, 2002). As classes de severidade de seca finais (D0- *Abnormally dry* a D4- *Exceptional Drought*) são obtidas com base na metodologia dos percentis, à semelhança do procedimento descrito anteriormente para o sistema de indicadores múltiplos do Estado da

Geórgia (Steinemann & Cavalcanti, 2006). A escala final é estabelecida de acordo com a variação dos cinco índices descritos, tal como indicado na Tabela 2.8.

Tabela 2.8: Escala de classificação de severidade de seca do *US Drought Monitor* e intervalos de variação dos índices de base (NDMC, 2006; NIDIS, 2010)

Classificação de severidade de seca						
		Intervalos de variação				
Classe	**Nome**	**PDSI**	**CPC *Soil moisture model* (percentis)**	**USGS *Weekly streamflow* (percentis)**	**SPI**	***Short and long term Drought indicator blends* (percentis)**
D0	*Abnormally dry*	-1.9 a -1.0	21 a 30	21 a 30	-0.7 a -0.5	21 a 30
D1	*Moderate drought*	-2.9 a -2.0	11 a 20	11 a 20	-1.2 a -0.8	11 a 20
D2	*Severe drought*	-3.9 a -3.0	6 a 10	6 a 10	-1.5 a -1.3	6 a 10
D3	*Extreme drought*	-4.9 a -4.0	3 a 5	3 a 5	-1.9 a -1.6	3 a 5
D4	*Exceptional drought*	-5.0 ou menos	0 a 2	0 a 2	-2.0 ou menos	0 a 2

Essas classes corresponderão, genericamente, à verificação de alguns dos impactos indicados na Tabela 2.9.

Tabela 2.9: Impactos de seca previsíveis para cada classe de severidade de seca do *US Drought Monitor* (Svoboda *et al*, 2002; NDMC, 2006; NIDIS, 2010)

Classe	**Nome**	**Probabilidade de ocorrência (em 100 anos) %**	**Impactos possíveis**
D0	*Abnormally dry*	20 a 30	Início de seca: impactos de curto prazo, atraso no crescimento das culturas e pastagens. Alívio de situação de seca: persistência de alguns défices, pastagens e culturas ligeiramente afectadas.
D1	*Moderate drought*	10 a 20	Alguma afectação das culturas; rebaixamento dos níveis de escoamento, albufeiras e nascentes; recursos no limiar da não satisfação das utilizações existentes; sugeridas algumas restrições voluntárias no uso da água.
D2	*Severe drought*	5 a 10	Prováveis perdas de produção de culturas e pastagens; satisfação parcial das necessidades de diferentes sectores; imposição de restrições ao uso da água.
D3	*Extreme drought*	2 a 5	Graves perdas de culturas e pastagens, restrições generalizadas ao uso da água.
D4	*Exceptional drought*	Menos de 2	Perdas excepcionais e generalizadas na produção de culturas e pastagens; sérias limitações de recursos em albufeiras, cursos de água e águas subterrâneas, dando origem a várias situações de emergência.

Não obstante, uma vez que, em algumas situações, o valor dos índices de base não coincide com um só nível de severidade de seca, a classificação final é dada pela classe indicada pela maioria dos índices. É importante salientar que esta avaliação global pode não corresponder exactamente à realidade local, sendo essa, aliás, uma das principais limitações

habitualmente apontada a este tipo de avaliação (Steinemann *et al*, 2005). Por esse motivo, os especialistas que, em todo o território dos EUA, estão envolvidos na elaboração do mapa em causa, ponderam os diferentes índices de acordo com as características das distintas regiões do país e a sua melhor ou pior representação da ocorrência de impactos, para diferentes épocas do ano. São também considerados alguns índices adicionais, como por exemplo para a região Oeste dos EUA, no Inverno, de forma a melhor caracterizar o estado das origens de água nessa região. No final, os mapas são devidamente ajustados para reflectir as condições reais em várias localizações, de acordo com a informação reportada pelas autoridades de diversos pontos do país (NDMC, 2006; NIDIS, 2010).

Os resultados do *US Drought Monitor* consistem, essencialmente, nos mapas semanais representativos da distribuição espacial e severidade de seca nos 50 Estados dos EUA, ilhas do Pacífico e *Puerto Rico*, bem como de um texto descritivo de apoio, onde é feita uma descrição da evolução temporal da situação de seca e indicadas as expectáveis ou potenciais tendências futuras. Os mapas são coloridos, de acordo com o grau de severidade que afecta as diferentes regiões (Figura 2.9) e o texto complementar procura descrever os impactos actuais, ameaças para futuro, bem como possíveis melhoramentos.

As indicações apresentadas são sempre, todavia, de índole genérica e pretendem proporcionar uma visão geral da situação de seca, de forma a ser possível, por parte do público em geral, dos meios de comunicação social e dos responsáveis pelo processo de tomada de decisão, uma noção mais aproximada do que se passa na globalidade dos EUA.

Desde o seu lançamento, o *US Drought Monitor* tem sido alvo de um elevado interesse público. Além da adesão dos meios de comunicação social aos resultados deste produto, Svoboda *et al* (2002) salienta como principais utilizadores do mesmo: produtores agrícolas, corretores de matérias-primas, delegações do Congresso dos EUA e, mesmo, as agências estaduais e federais responsáveis pela gestão de situações de seca. A principal mais-valia apontada ao *US Drought Monitor* corresponde à simplicidade do mapa de resultados final e à objectividade associada a um sistema de classificação único.

Sistema de Indicadores Hidrológicos - Espanha

Tal como descrito anteriormente (ponto 2.2.1), em Espanha, o Plano Hidrológico Nacional (*Ley* 10/2001 de 5 de Julho) fomentou uma maior prevenção e planeamento na gestão de secas, levando (i) à definição de um sistema de indicadores hidrológicos de avaliação de secas, (ii) ao desenvolvimento de planos especiais por parte das autoridades responsáveis (*Confederaciones Hidrográficas*) e (iii) à elaboração de planos de emergência em sistemas de abastecimento urbano com mais de 20.000 habitantes (Estrela *et al*, 2006).

Para tal foi estabelecido, pelo *Ministerio de Medio Ambiente* espanhol, através da *Dirección General del Agua*, um guia de elaboração de planos especiais de actuação em situação de seca (DGA, 2005). Neste guia surgiram delineados globalmente os procedimentos a levar a cabo para a definição de um sistema de indicadores hidrológicos como ferramenta de apoio à decisão na gestão de recursos hídricos ao nível de bacia hidrográfica, tomando por base o caso exemplo da bacia do Júcar.

Nesse sentido, tal como descrito por Prieto (2005), as confederações iniciaram um processo de selecção de variáveis de controlo (indicadores), com os seguintes passos:

- Individualização e classificação de zonas de avaliação e gestão, no seio das bacias hidrográficas dos principais rios, segundo a sua importância na geração de recursos hídricos e respectiva utilização;
- Selecção dos indicadores representativos para monitorização dos recursos disponíveis em cada zona, bem como dos pontos de controlo mais relevantes;
- Recolha e compilação das séries temporais dos diferentes pontos de controlo;
- Homogeneização das séries temporais de cada indicador (para o período de análise).
- Estipulação de um critério de identificação precoce de secas, a partir dos indicadores.

Para a definição das zonas de avaliação e gestão (designadas zonas homogéneas), de acordo com a relevância das utilizações e origens aí existentes, foram considerados os critérios que anteriormente haviam servido de base à definição de sistemas de exploração, no âmbito da elaboração dos planos hidrológicos para as diferentes bacias hidrográficas (CHG, 2007). Considerando o caso da parte espanhola da bacia do Guadiana, o estudo das utilizações, disponibilidades e balanço hídrico teve por base uma subdivisão em 5 sistemas de exploração principais (Figura 2.10), que teve em conta as características da infra-estrutura existente, os transvases entre zonas e subzonas e ainda a localização das principais utilizações. Para melhor caracterizar os efeitos de seca, foi efectuada uma subdivisão da bacia, e dos correspondentes sistemas de exploração, em 22 zonas homogéneas (Figura 2.11), de acordo com o tipo de origem de água e considerando que as utilizações deverão ser adstritas à área em que assentam fisicamente (CHG, 1998).



Figura 2.10: Sistemas de exploração da parte espanhola da bacia do Guadiana (CHG, 2007)

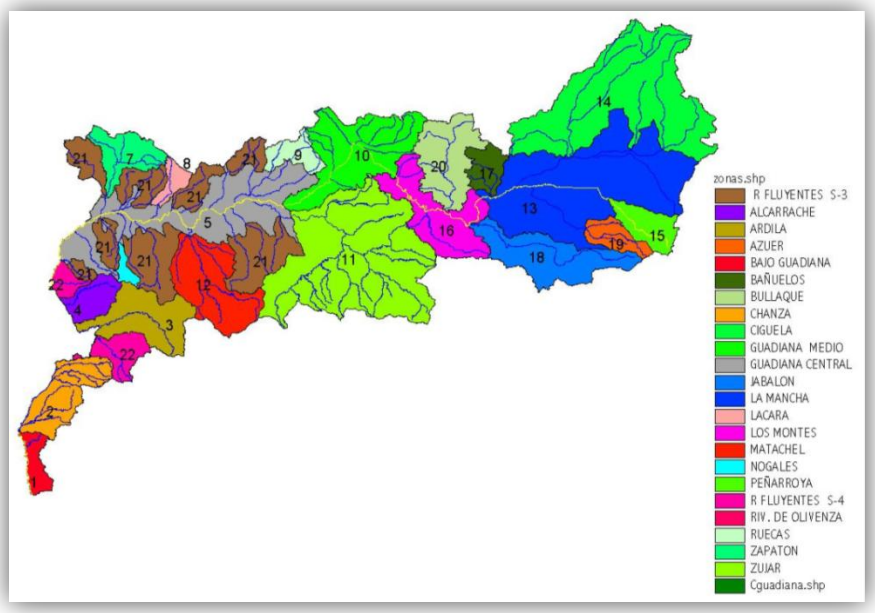


Figura 2.11: Zonas homogéneas - parte espanhola da bacia do Guadiana (CHG, 2007)

Cada uma destas zonas serviu, então, à definição de indicadores representativos, partindo de valores de (DGA, 2005):

- Volumes armazenados em albufeiras;
- Níveis piezométricos em sistemas aquíferos;
- Escoamento superficial em estações hidrométricas representativas;
- Descargas em albufeiras;
- Pluviometria em estações representativas;
- Reservas de água armazenada sob a forma de neve e gelo (nas zonas em que estes volumes sejam representativos para as disponibilidades).

Além destas variáveis, consideradas do tipo operativo, isto é, que constituem indicadores objectivos para a definição de valores limite para a adopção de medidas, no âmbito da gestão operativa (Garrote *et al*, 2007), foi ainda considerado outro tipo de variáveis, de tipo informativo, que complementam a avaliação e monitorização do desenvolvimento de situações de seca, dependendo da região em causa. Esses indicadores tiveram por base, essencialmente, dados de precipitação, como por exemplo o índice SPI, ou de humidade do solo (determinada por modelos de balanço hídrico) (Andreu *et al*, 2007; Garrote *et al*, 2007).

Não obstante, tal como descrito em 2.2.3, para tornar possível a padronização e comparação das variáveis representativas, bem como a selecção de medidas apropriadas, foi desenvolvido o Índice de Estado com vista à obtenção de uma classificação final única, por ponderação dos diferentes tipos de indicadores (Estrela *et al*, 2006). Tal teve como objectivo a obtenção de mapas onde, para cada zona homogénea e sistema de exploração, a situação

actual fosse comparada com o respectivo passado histórico, com base na avaliação de alguns pontos de controlo representativos, permitindo, através de um esquema de classes e cores associadas, a declaração, pelas autoridades responsáveis (*Confederaciones Hidrográficas*), das situações mais críticas e da necessidade de adopção de medidas de mitigação (Prieto, 2005).

Assim, subjacente à natureza do sistema de avaliação (hidrológica) (CHG, 2007), a selecção de indicadores é feita de acordo com a representatividade das disponibilidades para as utilizações mais significativas, sendo a ponderação, por zona homogénea, sistema de exploração e, até, bacia hidrográfica, dada pela importância (volume) das utilizações que cada indicador representa (Prieto, 2005). Importa notar que, por esse motivo, em alguns sistemas são apenas avaliados os volumes armazenados em albufeira ou os níveis piezométricos de um sistema aquífero, não sendo avaliada a precipitação de forma directa.

No que toca à classificação de severidade, conforme referido no guia de base para a elaboração dos planos de seca espanhóis (DGA, 2005), a escala de níveis de alerta e respectivos valores limite deverão ser estipulados de acordo com os reais impactos sentidos e prevendo um escalonamento progressivo da importância e grau de intervenção das medidas de mitigação a adoptar. Não obstante, é salientado o exemplo da bacia do Júcar (Estrela *et al*, 2006), onde essa definição é fixa para qualquer tipo de variável de análise e para qualquer sistema de exploração. Outras regiões hidrográficas, por sua vez, consideraram também uma escala única, mas com valores limites distintos dos considerados na bacia do Júcar, como foi o caso do Douro (CHD, 2007) ou mesmo escalas com valores diferenciados por variável de análise, como foi o caso da bacia do Guadiana (CHG, 2007). Por último, é previsto que a apresentação dos resultados para o índice de estado seja feita de forma global, por sistema de exploração, ou por bacia (tal como na Figura 2.12).

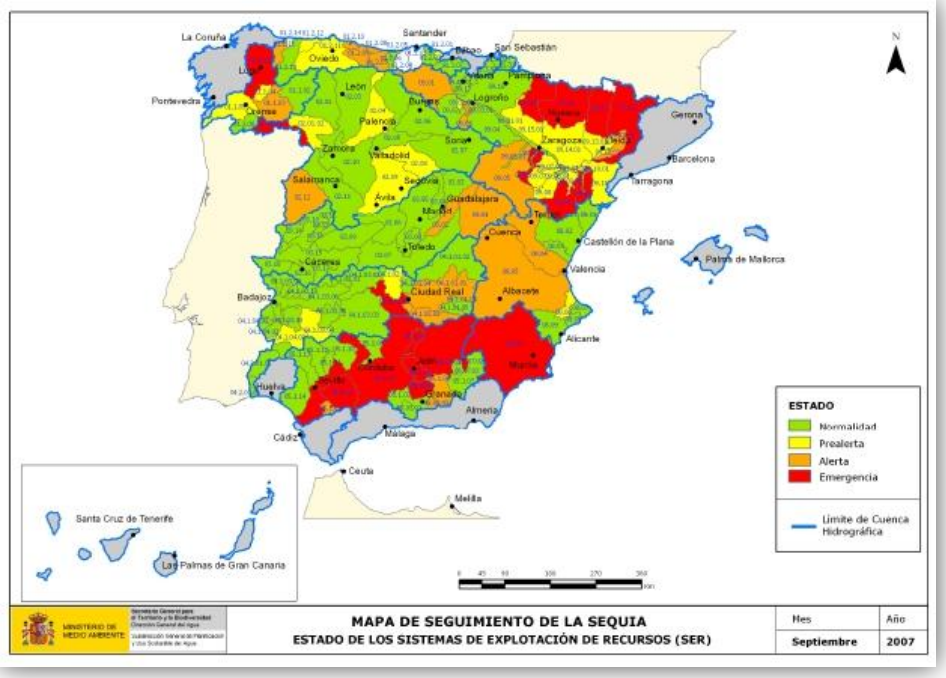


Figura 2.12: Mapa de acompanhamento da situação de seca com identificação do estado de alerta para os principais sistemas de exploração das diferentes bacias (MMA, 2007).

De acordo com o nível de alerta resultante é efectuada a adopção de medidas, segundo o estipulado no *Plan Especial de Sequia* da bacia hidrográfica em causa (DGA, 2005). Essa selecção é efectuada com base numa metodologia de avaliação do risco que assenta na determinação dos graus de garantia, no tempo, ou em volume, de satisfação das necessidades das utilizações associadas às principais origens dos sistemas de exploração, seguindo metodologia idêntica à usada por Cancelliere *et al* (1998) e (2009) e por Nicolosi *et al* (2007). Essa avaliação recorre a modelos de simulação para a determinação das probabilidades de falha, bem como para a previsão das condições futuras dos sistemas, segundo diferentes soluções de gestão e cenários hidrológicos (Andreu *et al*, 2007). Para mais fácil compreensão dos efeitos das medidas a adoptar e discussão das mesmas com os principais *stakeholders*, a abordagem seguida tomou por base três passos principais (Garrote *et al*, 2007):

1 - Caracterização de cenários de seca representativos, com base em distribuições anuais e mensais para as variáveis precipitação e escoamento, segundo determinadas probabilidades de excedência obtidas por avaliação dos registos históricos, aos quais são associadas funções de distribuição de probabilidade;

2 – Determinação dos volumes armazenados correspondentes a cada cenário de seca e correspondentes risco de falha na satisfação das necessidades das utilizações existentes;

3 – Simulação dos sistemas de exploração segundo diferentes cenários de seca, considerando a adopção de medidas e a determinação dos volumes armazenados e riscos de falha correspondentes (Figura 2.13).

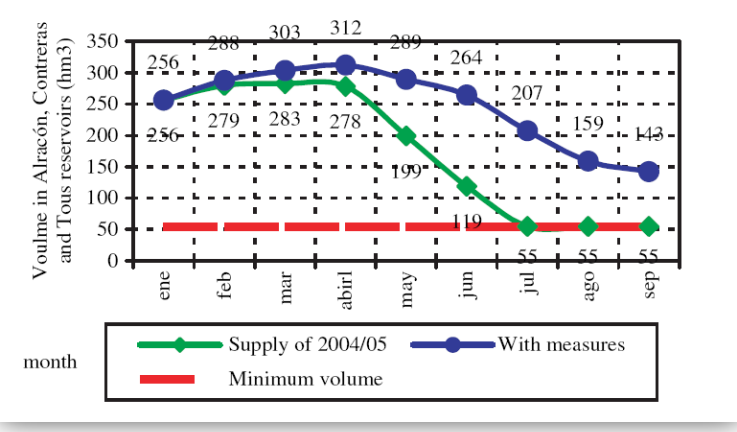


Figura 2.13: Exemplo de avaliação dos potenciais efeitos nos volumes armazenados nas albufeiras de *Alarcón, Contreras* e *Tous* (bacia do Júcar) com e sem a adopção de medidas de mitigação (admitindo o cenário de afluências do ano 2004/05) (Andreu *et al*, 2007)

Pontos fortes e limitações

Teoricamente a avaliação global de indicadores/ índices múltiplos corresponde à avaliação ideal de situações de seca, uma vez que a consideração de diferentes tipos de indicadores/ índices permite atender às características específicas de cada região, tanto no que toca às principais utilizações, como às diferentes origens de água existentes, representando, de forma diferenciada, os impactos de seca passíveis de aí ocorrerem. Além disso, a

implementação e utilização de uma avaliação única torna o processo de tomada de decisão, bem como de adopção de medidas de mitigação, bastante mais facilitados e sistemáticos. Porém, o principal ponto forte deste tipo de avaliações corresponde, também, por outro lado, à sua limitação mais significativa, dado que o rigor científico e/ou o significado operacional do valor final obtido pode, em alguns casos, ser bastante questionável.

Nessa linha, os principais problemas associados a este tipo de avaliações são devidamente apontados em Steinemann (2003), Steinemann *et al* (2005) e Steinemann & Cavalcanti (2006) e prendem-se com a comum falta de consistência temporal ou espacial dos diferentes indicadores/ índices, em especial no que diz respeito aos valores limite considerados para a sua classificação. Verificam-se, habitualmente, probabilidades de ocorrência diferentes para uma mesma classe de seca, bem como uma representatividade distinta para diferentes regiões com um mesmo valor de índice (por exemplo um valor de SPI de -2 corresponderá a um nível de precipitação muito diferente numa região seca ou numa região mais húmida). Além disso, a própria ponderação atribuída a cada indicador/ índice que permitirá a representação das características específicas de uma determinada região, é de difícil avaliação, não só pela natureza complexa do ciclo hidrológico e das interacções das múltiplas utilizações com os recursos hídricos de uma região, como pela própria complexidade de ocorrência de impactos de seca, agravada pelos parcos registos fidedignos disponíveis nesta matéria. Tal leva a que, a definição dessa ponderação, esteja muitas vezes sujeita à subjectividade de quem a define, podendo afectar a representatividade do resultado final em relação às características geofísicas e estatísticas dos efeitos de uma seca para a mesma região, ou para regiões distintas.

2.2.5 Previsão da evolução de situações de seca

Segundo o WRCP (2010) uma situação de seca poderá ser considerada uma anomalia, ao nível da atmosfera, da superfície e do solo, dos ciclos da água e de energia que caracterizam o clima de uma dada região. Como tal, uma seca poderá iniciar-se devido a alterações atmosféricas de larga escala, e ser agravada, ou manter-se, por interacção com as características locais atmosféricas, de morfologia do terreno e hidrológicas, sendo a precipitação a variável principal que efectua a ligação entre as perturbações de origem climática e a afectação causada na hidrologia regional de uma dada região.

Nesse contexto, a antevisão da possível ocorrência de situações de seca numa região dependerá da capacidade de previsão, a um nível espacial adequado, de alguns parâmetros meteorológicos fundamentais: tais como a temperatura, velocidade do vento, etc., mas principalmente da precipitação, bem como da afectação que todos estes factores possam provocar no ciclo hidrológico regional (Nicholls *et al*, 2005; WRCP, 2010). Em relação à precipitação, apesar de manter alguma estabilidade em termos médios, verifica-se que os valores deste parâmetro são extremamente variáveis ao longo do tempo e com ciclos de anomalia ao longo do ano e interanuais, reduzindo consideravelmente os níveis de confiança de qualquer previsão. De facto, a previsão de condições meteorológicas, com um mês ou mais de

antecedência, acaba por se basear numa definição de estimativas, com uma dada probabilidade associada, segundo duas abordagens distintas, tal como referido por Nicholls *et al* (2005):

- Análise estatística dos registos históricos das variáveis em causa, que poderá, até, incluir uma previsível afectação futura dos parâmetros estatísticos face aos dados do passado, e que passa pela tentativa de identificação de padrões climáticos recorrentes, na interacção da atmosfera terrestre e oceanos.
- Análise estatística de múltiplas previsões de condições meteorológicas obtidas por modelos computacionais de simulação do sistema climático global.

Ainda segundo Nicholls *et al* (2005), verificam-se consideráveis limitações para ambas as abordagens, nomeadamente: (i) para a primeira, a existência de poucos dados, a variabilidade na capacidade de previsão de acordo com a região e época do ano, e a incapacidade de integração de alterações climáticas para as previsões futuras, uma vez que são tomados como base apenas os dados do passado; (ii) para a segunda, uma resolução espacial bastante grosseira dos modelos climáticos globais utilizados, dificultando a avaliação local de uma região delimitada. No entanto, tem sido possível a identificação de certos padrões que influenciam algumas variações sazonais, verificando-se que existe, ainda, um forte potencial de desenvolvimento, em especial na segunda abordagem referida, através do *downscalling* dos cenários decorrentes dos modelos climáticos globais (Nicholls *et al*, 2005; WRCP, 2010).

Assim, a aplicação das previsões à gestão de situações de seca só será possível se, tanto a escala espacial, como a temporal, dessas previsões forem adequadas ao estabelecimento de correlações, ou, principalmente, à utilização de modelos numéricos de simulação hidrológica, para previsão da afectação das diferentes fases do ciclo hidrológico (WRCP, 2010). Se ao nível da escala espacial, o caminho poderá passar pelo *downscalling,* para escalas apropriadas à gestão de situações de seca, dos resultados dos modelos climáticos globais, a nível temporal deverão ser distinguidas duas escalas significativas, a sazonal, mais apropriada à previsão de curto prazo na evolução das situações de seca e a decenal, mais orientada para o planeamento e a gestão de recursos hídricos de longo prazo, integrando a problemática das alterações climáticas e a alteração das características das situações de seca. No caso da escala sazonal, existem casos de sucesso na aplicação à previsão da evolução de situações de seca, destacando-se o trabalho de Steinemann (2006). No entanto, verifica-se que a aplicabilidade dessas projecções é limitada, dadas as características dos *inputs* necessários à maioria de modelos de simulação hidrológica (dados diários ou mensais) (WCRP, 2010). Por outro lado, ao nível interanual, os esforços para a avaliação de possíveis alterações das características das situações de seca, em cenários de alterações climáticas, são ainda bastante limitados pelas incertezas associadas à resposta, perante um clima mais quente, de vários componentes atmosféricos do ciclo hidrológico (tais como as nuvens, a precipitação e a evapotranspiração), bem como ao papel dos aerossóis, das alterações na vegetação e da cobertura do solo e, ainda, da interacção atmosfera/ oceano, nessas condições (WRCP, 2010).

Por fim, refira-se a existência alguns trabalhos, incidindo sobre a utilização de técnicas estatísticas para previsão da evolução das condições de seca (cadeias de *Markov*, modelos loglineares, entre outros), ou mesmo de métodos computacionais mais complexos (redes

neuronais artificiais), nomeadamente por aplicação a séries temporais de índices de seca (maioritariamente o SPI), com resultados interessantes na modelação e previsão de transição de classes de seca (Cancelliere *et al*, 2007; Morid *et al*, 2007; Paulo & Pereira, 2008; 2010; Moreira *et al*, 2010). Não obstante, existe alguma unanimidade na conclusão de que esses métodos apresentam melhores resultados na antecipação das condições que se poderão verificar, no máximo, até aos 3 meses seguintes. Moreira *et al* (2010) indicam, inclusive, que a combinação de resultados de modelação estocástica (através das cadeias de *Markov*, ou outros métodos) com a informação derivada de modelos de circulação atmosférica, poderá conduzir a melhores resultados na previsão de condições de seca, o que parece ser corroborado por Pires & Sousa (2010), cujo trabalho revela uma ligeira melhoria nas previsões obtidas através das cadeias de *Markov*, quando condicionadas aos resultados dos índices climáticos Oscilação Atlântico Norte (NAO) (fase positiva e negativa) e da Oscilação Ártica (AO).

Em qualquer dos casos, verifica-se, contudo, que as previsões obtidas não permitem avaliar a afectação regional do ciclo hidrológico da água, nem a sua incorporação em modelos de simulação hidrológica (WCRP, 2010), pelo menos na fase actual de desenvolvimento. Não obstante, essa informação poderá ser sempre utilizada como indicativa de uma tendência de evolução geral, podendo auxiliar o processo de tomada de decisão, nomeadamente na antecipação da adopção de medidas.

2.2.6 Avaliação socioeconómica de impactos de seca

Tal como destacado nos pontos anteriores do presente capítulo, a gestão da água, em especial em situações de seca ou escassez, pressupõe a gestão de riscos e, como tal, a tomada de decisão com base em condições de incerteza. Nessa linha, a multiplicidade e complexidade de objectivos dos mais diversos planos envolvidos (ambiental, social, legal, institucional, etc.), aumentam a complexidade da tarefa, obrigando a uma tomada de decisão devidamente fundamentada e apoiada em processos de avaliação consistentes, perceptíveis e com o maior grau de objectividade possível (Green, 1993). Além disso, a importância crescente dos impactos de seca tornam uma prioridade o aprofundamento e melhoramento das metodologias existentes de avaliação de impactos, de forma a melhor suportar a avaliação e gestão dos riscos e consubstanciar as políticas de mitigação dos mesmos (Changnon *et al,* 2000).

Atendendo à complexidade destes fenómenos e à multiplicidade de metodologias utilizadas na sua avaliação é considerado que os impactos de seca, directos e indirectos, deverão, ser especificamente avaliados para cada região de análise (Wilhite & Buchanan-Smith, 2005; Wilhite *et al*, 2007; Mysiak & Markandya, 2009; Ding *et al*, 2010). Tal deverá ser efectuado com base nos impactos ocorridos historicamente, mas deverá também considerar aqueles passíveis de ocorrerem em novas situações de seca, face ao estado actual de vulnerabilidades e possíveis tendências de evolução da frequência e intensidade do perigo de secas (Wilhite & Buchanan-Smith, 2005). Apenas com este tipo de informação será possível uma melhor preparação face a novas situações de seca, prevendo a aplicação atempada de medidas, de acordo com os impactos expectáveis para a região e para os sectores utilizadores. Tal permitirá, igualmente, contar com a disponibilização dos meios (monetários e humanos) necessários para

a implementação das mesmas (Wilhite *et al*, 2007). A compilação de dados de impactos de forma homogeneizada e padronizada é, assim, identificada como uma necessidade para a Europa por Kraemer (2007) e Mysiak & Markandya (2009), em especial com vista à uniformização, sistematização e suporte da avaliação económica dos mesmos.

Por outro lado, embora os impactos de seca sejam habitualmente enquadrados segundo diferentes categorias[62], a importância dos mesmos poderá ser quantificada economicamente, enquanto redução do benefício económico de uma dada região de análise (Ding *et al*, 2010), facilitando a comparação dos impactos verificados entre diferentes sectores utilizadores, regiões e situações de seca. Sendo escassos os trabalhos existentes nesta matéria (Ding *et al*, 2010) e, verificando-se algumas diferenças significativas nos conceitos de base considerados (Kraemer, 2007; Mysiak & Markandya, 2009), existem, todavia, alguns estudos que envolvem a quantificação económica de perdas em diferentes sectores utilizadores, devido a situações de seca, salientando-se Onta *et al* (1995); Dixon *et al* (1996); Jenkins *et al* (2003); Ward *et al* (2001), (2006); Booker *et al* (2005); Valiñas (2006). Verifica-se, nestes trabalhos, que a avaliação económica poderá constituir uma ferramenta importante, na medida em que os principais propósitos desse tipo de análises são (Colby, 1989; Green, 1993):

- Simplificar a natureza da escolha a um nível perceptível pelos decisores;
- Permitir a fácil compreensão dos componentes em jogo;
- Definir uma linguagem comum para discussão e negociação entre decisores.

Um ponto base da avaliação económica de impactos, como por exemplo de situações de seca, consiste, então, na identificação dos aspectos positivos e negativos das consequências esperadas. Assim, genericamente, será necessário (Green, 1993):

- Quantificar a natureza da alteração em causa;
- Especificar essa alteração de forma a poder ser relacionada com um valor económico;
- Relacionar essa alteração com parâmetros que possam ser previstos;
- Avaliar a dimensão da população, grupo(s) ou sector(es) afectado(s) pela alteração;
- Quantificar, de forma aproximada, o benefício, ou custo, dessa alteração para toda a população, grupo ou sector.

Segundo Gibbons (1986) o valor total de um recurso pode ser definido, de uma forma simplificada, como o montante máximo que um utilizador estaria disposto a pagar para usufruir do mesmo. Não obstante, em termos económicos, a água poderá ser considerada um "produto" final ou apenas intermediário. No primeiro caso poderão ser reconhecidas as utilizações urbanas, em especial ao nível doméstico, enquanto no segundo enquadram-se as actividades que utilizam a água para a produção de outros bens ou serviços, tais como a agricultura ou a produção de energia eléctrica a partir dos aproveitamentos hidroeléctricos. O conceito económico entre estas definições varia consideravelmente, sendo que, no primeiro caso, a água contribui directamente para a utilidade ou satisfação pessoal do utilizador, e, no segundo, o valor da água é induzido pelo valor económico do produto ou bem final resultante.

[62] Ver Capítulo 1 - ponto 1.3.3.

Existem várias metodologias de estimativa do valor económico da água, de acordo com o tipo de utilização. Estas metodologias têm sido revistas, enumeradas e detalhadamente descritas em diversos estudos relativos à economia da água e de outros recursos naturais, tais como Gibbons (1986), Colby (1989), Green (1993), CGER (1997), Houston *et al* (2002), FAO (2004), Raucher *et al* (2005), Birol *et al* (2006), Grafton (2009). Podem resumir-se, genericamente, em duas categorias principais: (i) a partir de valores praticados no mercado, quando o bem é transaccionável ou, (ii) de forma indirecta, quando este não o é. Apresentam-se, a seguir, para cada categoria, uma breve descrição de alguns dos métodos mais utilizados para a valoração económica da utilização da água, tomando por base, de uma forma geral, as referências bibliográficas indicadas e ainda que outras referências bibliográficas possam ser salientadas, de forma específica, sempre que necessário.

2.2.6.1 Avaliação a partir dos preços de mercado

Consiste na avaliação de um bem que é transaccionável num mercado competitivo. Porém, como estes, normalmente, não são mercados perfeitamente livres, é necessário aplicar algumas correcções de forma a estimar o real valor económico do bem ou serviço em questão. Esta medida monetária do benefício económico dos consumidores, pode, então, ser determinada a partir de funções da procura (representam o valor que o utilizador individual estaria disposto a pagar pelo consumo de cada unidade adicional de um determinado bem), sendo definidas, de forma específica, atendendo aos preços praticados e às características dos utilizadores da região (rendimento económico, tipos de habitação, clima da região, etc.) (Groom *et al*, 2006; Olmstead, 2010). A partir dessas funções é possível determinar o benefício económico dos utilizadores através do designado excedente do consumidor, isto é, a diferença entre o valor que o utilizador está disposto a pagar por um determinado bem ou serviço e o valor que este efectivamente paga (preço de mercado)[63]. Essa medida, cuja quantificação surge representada esquematicamente na Figura 2.14, poderá permitir avaliar alterações no benefício de utilização de um bem ou serviço por alterações nos níveis de consumo (V1).

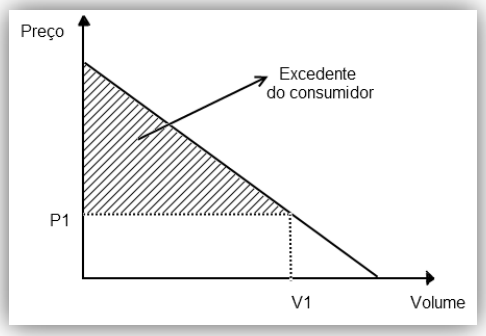


Figura 2.14: Representação esquemática do excedente do consumidor, a partir de uma função da procura hipotética, para um dado volume de água (V1), consumido ao preço (P1).

[63] Este tipo de método será avaliado mais em detalhe no ponto 4.3.3 (Função da procura).

2.2.6.2 Avaliação por métodos indirectos

Quando o bem em causa não é directamente transaccionável (*e.g.* utilização de água de origens próprias) ou não existem dados suficientes para a definição de funções da procura, são utilizados métodos de avaliação indirecta do valor económico da utilização da água. Esse valor poderá ser obtido através de funções de produção, custos de substituição, métodos indutivos, por valoração de preferência expressa, ou por transferência de benefícios:

a) Funções de produção

Nos casos em que a água constitui um factor intermédio de obtenção de outro bem transaccionável, logo, com um preço perfeitamente definido no mercado, o valor económico da utilização da água pode ser obtido a partir da produção desse bem. Assim, tomando como exemplo a produção de culturas agrícolas, através do estabelecimento de funções matemáticas entre os factores de produção e o produto final, é possível determinar o valor devido à água. Admitidos todos os outros factores fixos, esse valor poderá ser determinado pela variação do valor económico da produção obtida.

b) Custos de substituição

Este método tem como objectivo quantificar os custos de substituição ou reposição do bem natural em falta, como por exemplo os volumes de água em falha, em situação de seca. Para tal é assumido que o valor económico referente aos volumes de água em falta é quantificável e pode ser aproximado pelo custo de colmatação do mesmo, por recurso a origens alternativas. Este método é especialmente aplicável quando existe um nível de garantia que deva ser assegurado (volume a satisfazer numa determinada percentagem de tempo ou volume), para uma determinada utilização da água.

c) Métodos Indutivos

Este tipo de metodologias passa pela utilização de técnicas estatísticas para inferir o valor de uma determinada variável, que não tenha um preço directamente quantificável. Como exemplos poderão ser referidos os seguintes métodos:

- *Método do custo de viagem*: Permite estimar o valor de uma actividade recreativa, p.e., pela determinação dos custos que os praticantes terão de incorrer para beneficiar dessa actividade (incluindo os custos da viagem e da estadia). Por análise estatística é procurada uma relação entre a distância percorrida e a probabilidade de se consumar a prática da actividade e, através da mesma, é deduzido o valor económico correspondente.

- *Método dos preços hedónicos*: Permite determinar o valor económico de determinados bens não directamente quantificáveis, pela influência dos mesmos na transacção de outro tipo de bens como, por exemplo, a quantificação do valor da vista de mar, através da análise estatística do preço das casas que dela beneficiam e de outras que não. Nesse caso, admitindo que o preço das casas depende de um número previamente estipulado de parâmetros, incluindo a vista de mar, e que é possível fazer uma avaliação em que os demais parâmetros em causa não sofrem variações significativas, é possível estimar o valor associado à vista de mar.

d) Métodos de preferência declarada

Consistindo numa das técnicas mais antigas de valoração económica de um determinado bem ou serviço, este tipo de metodologias consiste na realização de inquéritos, de forma a avaliar directamente, com as pessoas envolvidas, quais as escolhas que fariam e/ou quanto estariam dispostas a pagar pelas mesmas. Existem duas tipologias fundamentais para a realização dos inquéritos, sendo que, em ambas, se deve atender a técnicas específicas, de âmbito sociológico, para a concepção, preparação, execução e tratamento dos dados finais deste tipo de questionários e estudos. Esses dois tipos de abordagem são:

- *Valoração de contingência:* neste método os utilizadores são directamente questionados de quanto estariam dispostos a pagar por um determinado bem ou serviço. Para isso são habitualmente referenciadas situações hipotéticas ou experimentais, que pretendem traduzir a representação mais fidedigna possível da situação em causa, na expectativa de aproximar a real atitude do utilizador perante a mesma.

- *Análise conjunta*: são apresentadas diferentes hipóteses de base em relação ao que se pretende avaliar, cada uma com um custo associado previamente determinado/ estimado, levando as pessoas inquiridas a optar por uma delas. Posteriormente, por avaliação dos resultados dos inquéritos, é estimado o valor que os utilizadores estariam dispostos a pagar por uma determinada opção.

e) Transferência de benefícios

Este método consiste, simplesmente, na consideração de valores, ou de intervalos de variação dos mesmos (p.e. de quanto os utilizadores estariam dispostos a pagar para evitar cortes no fornecimento de água nos sistemas de abastecimento urbano, resultado de uma situação de seca), obtidos noutros estudos de valoração económica que, pelas características da região de base considerada e/ou da tipologia do estudo em causa, poderão ser consideradas aplicáveis à avaliação que se pretende levar a cabo.

2.3 Desenvolvimentos na avaliação e gestão de escassez

No Capítulo 1 foi devidamente distinguida a natureza das situações de escassez face às situações de seca[64]. Embora não haja, também para a escassez, uma definição única que seja aceite universalmente, é possível concluir que estas situações estão relacionadas com desequilíbrios no balanço entre as disponibilidades anuais médias mobilizáveis e as utilizações existentes (Rijsberman, 2004). Assim, uma vez que uma situação de escassez põe em causa a sustentabilidade da satisfação dessas necessidades, é especialmente importante a identificação e avaliação de eventuais situações deste tipo, no âmbito da gestão e planeamento de longo prazo dos recursos hídricos.

Por outro lado, a propósito da análise e gestão de risco de seca (ponto 2.2.2), foi indicado que uma das principais etapas de preparação para a gestão de secas passará pela

[64] Ver ponto 1.3.1 Conceitos e definições

avaliação das vulnerabilidades características da área de análise. A intensificação das utilizações, face às disponibilidades existentes, constituirão, obviamente, uma das mais importantes vulnerabilidades de qualquer região, uma vez que tal reduz significativamente a reserva de segurança na satisfação das necessidades para as diferentes utilizações. Nessa medida, a quantificação das principais utilizações existentes e das respectivas necessidades, identificando e realçando eventuais situações de escassez, deverá ser, também, parte integrante da prevenção e gestão de secas.

O aspecto mais relevante da avaliação e gestão de escassez passa, então, pela identificação atempada de situações de desequilíbrio entre disponibilidades e utilizações associadas, sendo, tal como para a avaliação de secas, salientada a importância de uma avaliação quantitativa, através de ferramentas apropriadas. Para tal, no ponto 2.3.1, à semelhança do processo de revisão levado a cabo para a avaliação de secas (ponto 2.2.3), será efectuada uma revisão dos indicadores/ índices de escassez mais utilizados, destacando as principais vantagens e desvantagens de cada um.

Além disso, no ponto 2.3.2, serão devidamente analisados os mais recentes desenvolvimentos na avaliação da escassez no âmbito da política Europeia de gestão de secas e escassez, num esforço liderado pela EEA, nomeadamente com vista à criação do *European Water Scarcity and Drought Indicators System* (EEA, 2009a).

2.3.1 Indicadores/ Índices de escassez

Embora a generalidade dos indicadores/ índices de escassez, efectuem uma comparação das necessidades, face às disponibilidades existentes numa dada região, a diferença entre eles reside, essencialmente, na forma como materializam essa comparação, para obtenção de uma avaliação quantitativa, bem como na forma de quantificação das disponibilidades existentes e dos volumes de utilizações da água (EEA, 2009a).

Destacam-se como principais avaliações de escassez (Rijsberman, 2004), que serão devidamente analisadas e detalhadas em seguida, o seguinte conjunto de indicadores/ índices:

- *Water Stress Index* (ou *Falkenmark indicator*)
- *Social Water Stress/Scarcity Index*
- *Physical and Economic water scarcity indicators*
- *Water Poverty Index*
- *Water Resources Vulnerability Index/ Criticality ratio/ Water Exploitation Index*
- *Environmental Water Scarcity Index*

2.3.1.1 Water Stress Index

Fontes bibliográficas consideradas: Falkenmark *et al* (1989); Rijsberman (2004).

Descrição: A avaliação desenvolvida por Mallin Falkenmark (Falkenmark *et al*, 1989), segundo o *Water Stress Index*, consiste, simplesmente, na quantificação das disponibilidades

per capita, a nível nacional, entendidas como o escoamento superficial em regime natural por habitante, sendo, depois, essas disponibilidades classificadas por comparação com valores indicativos globais. De facto, considera-se que uma região apresenta problemas de escassez quando as disponibilidades *per capita* são inferiores a 1000 m^3/ hab. e de escassez absoluta se esse valor for inferior aos 500 m^3/ hab. Além disso, é habitualmente considerado um nível indicativo complementar, referente ao *stress* hídrico, quando as disponibilidades *per capita* são inferiores a 1700 m^3/ hab. O *stress* hídrico é entendido como correspondente à existência de desequilíbrios temporários entre disponibilidades e necessidades para as diferentes utilizações, ou pelo aparecimento de problemas na qualidade da água, afectando a sua utilização para os mais diversos fins e constituindo um prenúncio de situações de escassez.

Vantagens: Facilidade de obtenção dos dados de base e simplicidade de avaliação e percepção.

Desvantagens: Extrema generalidade (aplicação a nível nacional e avaliação de disponibilidades brutas - escoamento superficial em regime natural, a nível anual), não permitindo avaliar diferenças entre regiões distintas, nem identificar situações de forte sazonalidade. O indicador também não permite avaliar a existência ou não de infra-estruturas para a utilização das disponibilidades quantificadas. Mais ainda, a classificação estipulada por *Falkenmark* é arbitrária, limitando a sua aplicação a diferentes escalas espaciais.

2.3.1.2 Social Water Stress/Scarcity Index

Fontes bibliográficas consideradas: Ohlsson (2000); Rijsberman (2004).

Descrição: Segundo Ohlsson (2000), uma das principais lacunas verificadas em índices como o *Water Stress Index de Falkenmark* corresponde à não consideração da capacidade de adaptação, dos diferentes países, às condições de escassez. Este autor considera que essa adaptação depende das características sociais e económicas do país, através das quais se pode transformar a escassez absoluta, que só pode ser vencida com maiores disponibilidades, numa escassez relativa, onde a utilização da água, para um determinado fim, está dependente da capacidade de investimento e da tecnologia utilizada para a obtenção de uma maior eficiência na sua utilização. No limite, essa busca de eficiência poderia ser devidamente orientada para os sectores economicamente mais rentáveis.

Para colmatar esta questão, Ohlsson considerou a possível contribuição do *Human Development Index (HDI)*, das Nações Unidas (UNDP, 1990) como quantificador da capacidade social de adaptação às condições de escassez, uma vez que este índice (HDI) avalia o desenvolvimento humano num dado país segundo a esperança média de vida, o nível de escolaridade médio e o produto interno bruto *per capita*. O índice final, que designou por *Social Water Stress/ Scarcity Index,* consiste, então, no inverso do *Water Stress Index* (i.e., o número de pessoas para que terão de partilhar um determinado volume de água disponível), valor que é depois dividido pelo *Human Development Index*. Os resultados obtidos permitem salientar casos mais problemáticos como a Etiópia ou o Ruanda, cuja capacidade de adaptação é mais reduzida face a outros países enquanto, no caso particular de Israel, os níveis de escassez de água

surgem ligeiramente aliviados, reflectindo a reconhecida capacidade de adaptação e de utilização mais eficiente de recursos que se verifica neste país, face a outros.

Vantagens: A principal vantagem de um indicador deste género corresponde à inclusão, da capacidade social e económica de um dado país na avaliação das condições de escassez.

Desvantagens: As principais desvantagens surgem relacionadas com a sua aplicação a nível nacional e com o facto de promover um maior volume de utilizações num determinado país, de acordo com a capacidade de adaptação do mesmo, sem definição de um limite de sustentabilidade. A sua classificação, definida por Ohlsson (2000), atendendo aos limites definidos para o *Water Stress Index* de Falkenmark *et al* (1989), resulta igualmente arbitrária.

2.3.1.3 Physical and Economic Water Scarcity indices

Fontes bibliográficas consideradas: IWMI (1998); Rijsberman (2004).

Descrição: O *International Water Management Institute* (IWMI) apresentou um estudo (IWMI, 1998) cujo objectivo era o de prever a evolução das utilizações e das correspondentes disponibilidades para os diferentes países do mundo, no período de 1990 a 2025. Para tal, foi feita uma avaliação das disponibilidades anuais de cada país, para o ano de 1990, atendendo às diferenças de armazenamento anuais das infra-estruturas existentes e ainda ao escoamento superficial gerado ou proveniente de outros países, subtraindo, nestes casos, eventuais caudais que tenham de ser garantidos para os países de jusante. No capítulo das utilizações, foram consideradas verdadeiramente consumptivas a evapotranspiração e a recarga de águas superficiais profundas (de difícil exploração) ou os volumes de águas superficiais que desaguam nos oceanos. Todas as demais utilizações são consideradas temporárias (incluindo o abastecimento urbano e a agricultura), sendo globalmente devolvidas ao meio receptor (sob a forma de *return flow*). Partindo dos valores de disponibilidades e de utilizações temporárias obtidos para 1990, foram feitas estimativas da evolução dessas utilizações até 2025, admitindo não só as previsões de crescimento da população mundial para cada país, mas também a implementação de medidas conservacionistas que permitam aumentar a eficiência da agricultura de regadio pelo menos até aos 70%. Destes cenários de utilizações foram, então, considerados dois critérios base, para avaliação da situação de escassez de um dado país: (i) o crescimento percentual do volume de utilizações no período de análise (entre 1990 e 2025) e (ii) a percentagem das utilizações expectável em 2025, face às disponibilidades anuais do país.

Seguindo estes critérios de avaliação, os diferentes países foram classificados como alvos de situações de escassez "física", caso os níveis de utilização em 2025 excedessem 50% dos recursos hídricos anuais do país. O limite de 50% foi considerado como indicativo do ponto a partir do qual se verifica um aumento exponencial de custos para a manutenção do abastecimento de utilizações.

Por outro lado, os países que, apesar de não atingirem o limite anteriormente descrito, apresentam um crescimento significativo das suas utilizações, são considerados como alvos de escassez económica, uma vez que terão de efectuar um investimento bastante significativo para suprir as suas necessidades crescentes de utilização da água.

Vantagens: Este índice apresenta como principais vantagens a avaliação da existência de infra-estruturas para a quantificação das disponibilidades, bem como da capacidade de adaptação das sociedades (aumento da eficiência nos usos e crescimento de disponibilidades) e ainda da quantificação das utilizações pelos reais valores consumidos, descontando as parcelas que são devolvidas ao meio receptor, ainda que com um certo desfasamento temporal. De igual forma permite a distinção das situações (i) de impossibilidade de satisfação das necessidades crescentes, e (ii) as que podem ser contornadas com investimento no aumento de disponibilidades e/ou por aumento da eficiência no uso da água.

Desvantagens: Tal como nos casos anteriores, também este índice tem como principal desvantagem a aplicação à escala nacional, não sendo possível a sua avaliação em diferentes bacias hidrográficas ou regiões específicas. Além disso, a sua complexidade de cálculo, bem como a diversidade de análises associadas, limitam, de forma considerável, a sua aplicação de forma sistemática. Por outro lado, tal como no caso de outros índices, a classificação foi estipulada de forma arbitrária, limitando a sua eventual aplicação a diferentes escalas espaciais.

2.3.1.4 Water Poverty Index

Fontes bibliográficas consideradas: Sullivan (2002); Sullivan *et al* (2003); Rijsberman (2004).

Descrição: Inicialmente idealizado por Sullivan (2002), o *Water Poverty Index (WPI)* tem como principal objectivo avaliar o nível de disponibilidades de água de uma dada região, atendendo ao grau de satisfação das necessidades dos habitantes, incluindo a manutenção dos principais ecossistemas. Para isso, agrega 5 componentes de avaliação considerados essenciais:

- *Acesso:* As condições de acesso aos recursos disponíveis (distância, tempo necessário para a recolha, etc.);
- *Recurso:* a disponibilidade da água na região, incluindo as características de qualidade da mesma e de variabilidade (implicando um eventual recurso a novas origens de água);
- *Uso:* o uso da água para outros sectores além do uso doméstico (produção de alimentos, usos industriais, etc.);
- *Capacidade:* a capacidade de gestão da água (a nível institucional, e/ou de qualificação das pessoas responsáveis pela mesma);
- *Ambiente:* as condições dos principais ecossistemas (considerando que a manutenção dos mesmos é essencial para a sustentabilidade de uma dada região).

Em cada uma destas componentes são avaliadas diferentes variáveis, individualmente padronizadas e, posteriormente, ponderadas e agregadas num só valor para cada categoria. O resultado final do WPI será obtido de igual forma, por ponderação das 5 componentes principais, podendo ser avaliado, quer pelo valor final fixado, entre 0 e 100, quer através de pentagramas nos quais é representado, segundo o mesmo eixo, o valor respectivo de cada componente (para todas igualmente fixadas entre 0 e 100). Pelas suas características de flexibilidade é possível

adaptar a aplicação deste índice a diferentes escalas espaciais de análise (desde o nível nacional ao local, passando pelo nível da região ou bacia hidrográfica) (Sullivan *et al*, 2003). Cho *et al* (2009) analisaram ainda uma possível simplificação deste índice, concluindo que os componentes mais relevantes para a definição do WPI, sem perda de representatividade do resultado, são o *acesso*, a *capacidade* e o *ambiente* ou, até mesmo, apenas a *capacidade* e o *ambiente*, devendo, em qualquer dos casos, ser ajustados os coeficientes de ponderação respectivos dos componentes considerados.

Vantagens: Este índice permite agregar vários indicadores de aspectos bastante relevantes para a gestão da água e a sua metodologia de aplicação é suficientemente flexível para aplicação a diferentes escalas e/ou a regiões com características bastante díspares.

Desvantagens: Como principais desvantagens salientam-se a complexidade de aplicação sistemática e dificuldade de avaliação e interpretação das diferentes componentes de avaliação. Além disso, este índice está particularmente orientado para a avaliação das situações mais críticas, tendencialmente verificadas nos países mais pobres, inclusive para identificação dos níveis de prioridade de acção. Por último, este índice tem como principal objectivo a comparação entre diferentes regiões, não apresentando, na sua definição original, uma metodologia de classificação (Sullivan, 2002).

2.3.1.5 Water Resources Vulnerability Index/ Criticality ratio/ Water Exploitation Index

Fontes bibliográficas consideradas: Shiklomanov (1991); Raskin *et al* (1997); Alcamo *et al* (2000); EEA (2009); Rijsberman (2004).

Descrição: A ideia inicial, subjacente ao índice que agora se descreve, partiu de Shiklomanov (1991), considerando que a avaliação das disponibilidades de um determinado país não deveria ser feita a partir de um rácio *per capita* das disponibilidades anuais médias (tal como abordado por Falkenmark *et al* (1989)) mas sim por comparação com as necessidades reais existentes nesse mesmo país. Para isso, efectuou uma primeira comparação de disponibilidades anuais de diferentes países, com os respectivos valores de necessidades resultantes de avaliações efectuadas para os sectores da agricultura, indústria e abastecimento doméstico. Não obstante, partindo da base desenvolvida por Shiklomanov (1991), e considerando que a avaliação das necessidades dos diferentes sectores é bastante subjectiva, Raskin *et al* (1997) estipularam uma avaliação similar, designada como *Water Resources Vulnerability Index*, que é obtida a partir da comparação relativa do volume das captações existentes para os mais diferentes fins (quantificação de uso da água, que consideraram menos subjectiva do que a quantificação das necessidades), com as disponibilidades anuais existentes. Segundo esta avaliação, é considerado que um dado país encontra-se em situação de escassez quando as utilizações representam entre 20 a 40 % das disponibilidades anuais. As situações de escassez mais severas, por sua vez, verificam-se se esse valor ultrapassar os 40%.

Posteriormente, a propósito de um estudo de projecção da evolução das utilizações de água para o ano de 2025 (Alcamo *et al*, 2000), foi estipulado o *Criticality Ratio* (CR) como medida da escassez ou nível de *stress* hídrico de um dado país ou região, segundo exactamente o mesmo princípio do *Water Resources Vulnerability Index* de Raskin *et al* (1997). Porém, para o

cálculo deste índice, foi utilizado um modelo de simulação, o *WaterGAP* 2.0 (Alcamo *et al*, 1997), criando uma base de avaliação das disponibilidades para todo o mundo. Este modelo permitia, além disso, estimar os usos de água segundo 3 sectores utilizadores principais (doméstico, industrial e agrícola) a partir de dados socioeconómicos de caracterização da região em estudo, nomeadamente no que toca à população, ao rendimento *per capita*, ao nível de desenvolvimento tecnológico e ao tipo de clima da região em análise. Tal como em Raskin *et al* (1997), as utilizações foram assumidas equivalentes às captações, uma vez que é considerado que (i) os volumes de retorno poderão não ter qualidade suficiente para a reutilização dos mesmos, (ii) a localização das utilizações poderá não ser compatível com uma eventual reutilização desses retornos e (iii) os dados disponíveis para validação correspondem mais frequentemente a este tipo de informação.

Apesar de potencialmente aplicável a uma escala espacial diferente (i.e. não apenas a nível nacional), a classificação definida por Alcamo *et al* (2000) foi a mesma que havia sido admitida arbitrariamente por Raskin *et al* (1997), realçando que, para valores de CR iguais ou superiores a 0,4, existe um elevado risco de limitações no uso de água para alguns sectores utilizadores, em especial durante períodos mais secos, podendo os efeitos ser consideravelmente diferentes conforme o tipo de região em causa (i.e. nos países mais desenvolvidos os níveis de reutilização e de reaproveitamento de água permitirão a manutenção de valores mais elevados de CR, sem efeitos imediatos nos diferentes sectores utilizadores, contrariamente ao que poderá acontecer em regiões ou países mais pobres).

Por fim, a nível Europeu, é habitualmente utilizado, pela *Environmental European Agency* - EEA (EEA, 2009), um índice similar ao *Water Resources Vulnerability Index* e ao *Criticality Ratio*, embora se designe *Water Exploitation Index*. A sua definição e classificação final é similar à indicada por Raskin *et al* (1997) e por Alcamo *et al* (2000), sendo, actualmente, considerado como índice de referência de avaliação da escassez de água para as principais bacias hidrográficas europeias. Porém, em EEA (2009) é feito o alerta que, mesmo que a avaliação do WEI resulte, para um determinado país, abaixo dos valores limite considerados indicativos dos problemas de *stress* hídrico e de escassez de água, a um nível mais local poderão surgir conflitos de utilização desse recurso, entre diferentes sectores.

Vantagens: As principais vantagens deste índice passam pela facilidade de aplicação a várias escalas de análise, facto que também surge reflectido na aplicação do índice nos mais diversos estudos efectuados a nível mundial. Além disso, a informação necessária para o seu cálculo está habitualmente acessível em diversas escalas de análise, podendo também ser calculada a partir de modelos de simulação (como o *WaterGAP* 2.0).

Desvantagens: Este índice é baseado na quantificação de captações, desprezando a parcela de volumes de retorno, o que, em regiões mais desenvolvidas, poderá levar a um afastamento da realidade, devido à reutilização que se verifica em muitas situações. Além disso, a sua definição de disponibilidades não entra em linha de conta com a parcela de recursos que pode efectivamente ser aproveitada ou alocada a necessidades humanas (existência de infra-estruturas adequadas). Por último, a sua classificação (assumindo o limite inferior de 0,4), foi obtida de forma arbitrária.

2.3.1.6 Environmental Water Scarcity Index

Fontes bibliográficas consideradas: Rijsberman (2004); Smakthin *et al* (2004).

Descrição: Assumindo como base o estudo feito por Alcamo *et al* (2000), nomeadamente aplicando o *WaterGAP* para determinação do *Criticality Ratio*, em Smakthin *et al* (2004) é apresentada uma alteração a esse índice de modo a atender também às necessidades ambientais que, até então, vinham a ser sistematicamente desprezadas em avaliações de escassez. Por esse motivo, o índice apresentado engloba 3 componentes principais: (i) o volume total de disponibilidades (tanto em termos de águas superficiais, como em termos de águas subterrâneas), (ii) o volume total de utilizações (como o somatório das captações para os diferentes sectores) e (iii) um novo conceito designado *Environmental Water Requirements* (EWR), que corresponde aos volumes ou níveis de água que deverão ser garantidos para a manutenção dos principais ecossistemas. Na falta de dados de quantificação de volumes ambientais, devido à extrema complexidade dos processos físicos envolvidos na interacção entre as diferentes componentes dos ecossistemas aquáticos, é apresentada uma primeira abordagem de quantificação destas necessidades, assumindo-se as mesmas como uma parcela, alocada especificamente para fins ambientais, das disponibilidades anuais médias (escoamento superficial e recarga de águas subterrâneas) determinados, tal como efectuado em Alcamo *et al* (2000), com recurso ao modelo *WaterGAP* 2.0 (Alcamo *et al*, 1997).

Os volumes de necessidades ambientais são definidos por duas parcelas principais, uma reflectindo as necessidades mínimas anuais para a manutenção das diversas espécies que compõem os principais ecossistemas aquáticos da região (*Low Flow Requirements - LFR*), correspondendo ao escoamento médio mensal excedido em 90% das situações (Q90), e outra tendo em conta a necessidade de preservação da dinâmica natural destes sistemas, como por exemplo a migração e a reprodução das principais espécies ou mesmo a inundação das zonas húmidas (*High Flow Requirements - HFR*), correspondendo a uma parcela, que pode variar entre 0 a 20%, do escoamento médio anual. De acordo com estes princípios, nas bacias em que se verifica uma elevada variabilidade nos níveis de escoamento nas principais linhas de água (regimes torrenciais), as necessidades ambientais (EWR) irão corresponder praticamente às HFR, enquanto, numa bacia hidrográfica em que se verifica uma maior importância do escoamento de base, originado maioritariamente pela parcela de água subterrânea, as necessidades ambientais irão ser, essencialmente, definidas pela componente de LFR. O nível final (EWR) irá ser determinado por escalões, de acordo com a importância das disponibilidades médias mensais, com probabilidade de excedência de 90% (Q90), face ao escoamento médio anual.

Como é evidente, esta abordagem corresponde a uma simplificação, uma vez que as necessidades ambientais são definidas a partir dos volumes médios de escoamento e não com base num determinado estado ecológico que se pretenda atingir. Ainda assim, partindo do rácio de base definido por Alcamo *et al* (2000), a escassez de uma determinada região é avaliada pela comparação entre as utilizações totais e as disponibilidades para utilização humana, definidas como as disponibilidades totais reduzidas da parcela alocada às necessidades ambientais. Desta forma, caso esse rácio seja superior a 1, a região em análise encontra-se sob condições de escassez. É ainda considerado que, caso aquele rácio esteja entre 0,6 e 1, se deverá considerar

que a região se encontra em condições de *stress* hídrico, podendo ocorrer situações pontuais de conflito entre diferentes sectores utilizadores, ou situações de degradação dos principais ecossistemas, fruto de pressões induzidas pelas utilizações humanas.

Vantagens: Tal como a avaliação do *Criticality ratio* (Alcamo *et al*, 2000), as principais vantagens deste índice passam pela facilidade de aplicação a várias escalas de análise e a possibilidade de poder ser calculado a partir de um modelo validado e aplicado às principais bacias hidrográficas do mundo (WaterGAP 2.0). Além disso, este índice permite atender a uma quantificação das necessidades para a manutenção dos principais ecossistemas existentes nas áreas de análise. O limiar de classificação (superior a 1) é estabelecido pela própria definição do índice e não de forma arbitrária, facilitando a aplicação a diferentes escalas de análise.

Desvantagens: Essencialmente apresenta as mesmas desvantagens enumeradas para o *Criticality Ratio*. Importa referir, ainda, que a estimativa de necessidades ambientais é feita apenas a partir das disponibilidades (não havendo distinção para diferentes tipos de ecossistemas) e que os escalões considerados (de acordo com os valores mensais e anuais médios de disponibilidades) são estabelecidos de forma arbitrária.

2.3.2 Desenvolvimentos na avaliação da escassez a nível Europeu

Tal como já referido no Capítulo 1[65], o índice utilizado na avaliação das situações de seca ao nível dos diferentes Estados-Membro da UE tem sido o *Water Exploitation Index* (WEI), tal como pode ser verificado nos relatórios de avaliação de escassez de água e secas na Europa (DG Env EC, 2006 e 2007). Se, no primeiro relatório, essa avaliação se restringiu à escala nacional, no segundo e mais recente, foi considerado que a aplicação deste índice numa área vasta, como a escala nacional, poderá levar a que sejam ignorados problemas relevantes, razão pela qual foi efectuada uma aplicação do WEI a nível regional, de bacia hidrográfica.

Não obstante, mesmo aplicado ao nível de bacia hidrográfica, é considerado que o índice WEI nem sempre reflecte a situação real (DG Env EC, 2007), sendo apontada, a necessidade do desenvolvimento de indicadores/ índices que permitam uma avaliação à escala nacional, de bacia hidrográfica, ou mesmo de sub-bacia, e que, na avaliação das disponibilidades, devem ser, ainda, atendidos os aspectos técnicos e económicos de limitação da exploração dos mesmos.

Nesse sentido, a EEA tem liderado o desenvolvimento de indicadores/ índices para esta matéria, num esforço que tem como objectivo a criação de um sistema de informação sobre a escassez de água e secas para a Europa (*Water Scarcity and Drought Information System* – WSDIS) (CEC, 2010; 2010a).

Os principais objectivos do WSDIS passam, então, por disponibilizar (EEA, 2009a):

- uma base de informação fiável, nas escalas espaciais e temporais adequadas ao processo de tomada de decisão;
- interpretações e conceitos partilhados entre os diferentes Estados-Membro;

[65] Ponto 1.3.2 .

- a apresentação de uma avaliação anual da situação ao nível dos diferentes Estados-Membro, com base em dados fornecidos pelos próprios países.

Para o desenvolvimento desse sistema é considerada a classificação metodológica *Drivers-Pressures-State-Impacts-Responses* (DPSIR), habitualmente utilizada na avaliação de problemas ambientais (OCDE, 1993 e 2004; EEA, 1999), mas, desta feita, adaptada ao processo de identificação e selecção de indicadores/ índices apropriados à avaliação da escassez de água e secas. Assim, genericamente, para cada categoria, deverão ser considerados (EEA, 2009a):

Drivers (Tendências - presentes e futuras)

Indicadores que descrevam as tendências de desenvolvimento ambiental, social, demográfico e económico, bem como dos correspondentes estilos de vida, níveis de consumo e padrões de produção. Exemplos das principais tendências futuras são as alterações climáticas, o crescimento da população, a migração e os desenvolvimentos que afectam as necessidades para as diferentes utilizações (*e.g.* o aumento da área regada) (MMAMRM, 2008; EEA, 2009a).

Pressures (Pressão)

Indicadores de pressões descrevendo os desenvolvimentos e a importância das principais utilizações de recursos. Exemplos de indicadores de pressão no âmbito da escassez de água e secas poderão ser a própria quantificação das necessidades para as diferentes utilizações (MMAMRM, 2008; EEA, 2009a).

State (Estado)

Indicadores de estado procurando descrever a quantidade e qualidade do recurso, numa certa escala espacial e no momento da avaliação. Poderão ser considerados não só indicadores operativos, como volumes armazenados em albufeiras, mas também informação relativa à exploração dos recursos, como o WEI, ou de natureza económica, como os níveis de produção das principais culturas agrícolas (MMAMRM, 2008; EEA, 2009a).

Impacts (Impactos)

Indicadores reflectindo alterações nos recursos naturais devido às pressões identificadas, como, por exemplo, caracterizadores de intrusão salina, fruto da sobreexploração de aquíferos em zonas costeiras, ou as perdas das produções agrícolas face a um ano de referência (MMAMRM, 2008; EEA, 2009a).

Responses (Respostas)

Indicadores de resposta, representando a adopção de medidas de prevenção, compensação ou mitigação dos impactos identificados. Tendo como objectivo demonstrar o que está a ser feito no momento da avaliação, no âmbito da escassez e secas, podem ser considerados indicadores como os níveis de eficiência na utilização dos recursos hídricos, ou mesmo, os volumes de investimento aplicado em medidas do lado da oferta (aumento das disponibilidades) ou do lado da procura (gestão das utilizações) (MMAMRM, 2008; EEA, 2009a).

Por último, é considerado como ponto especialmente relevante a inclusão de informação do tipo socioeconómico e/ ou o desenvolvimento de índices apropriados ao contexto socioeconómico e político dos diferentes Estados-Membro (EEA, 2009a).

Ainda ao nível Europeu, apesar de o sistema global WSDIS estar ainda em desenvolvimento, existe já um sistema a funcionar que tem por base um esquema similar ao descrito (com base na metodologia DPSIR): o *Sistema de Indicadores del Agua,* de Espanha (MMAMRM, 2008). No entanto, apesar de integrar alguns indicadores ligados à escassez, como por exemplo o WEI, e também de secas, como é o caso do Índice de Estado, o seu âmbito de caracterização é mais vasto do que o pretendido para o WSDIS, uma vez que o sistema Espanhol procura caracterizar o estado de todo o meio aquático e das repercussões humanas sobre o mesmo, atento, também o cumprimento do estado ecológico das massas de água preconizado na DQA (MMAMRM, 2008), sendo centrado na escala de avaliação de bacia hidrográfica.

2.4 Principais conclusões e linhas orientadoras

De acordo com a revisão bibliográfica e do estado do conhecimento efectuada nos pontos anteriores podem ser identificadas as principais necessidades de desenvolvimento e investigação no que toca à avaliação e gestão de situações de seca e de escassez.

Em relação às situações de seca, verifica-se que os impactos de seca podem ser bastante significativos e relevantes a nível económico, social ou mesmo ambiental, dependendo das características da região afectada. Porém, atendendo à experiência mundial no planeamento e gestão de situações de seca é possível verificar como boas práticas:

- o desenvolvimento de sistemas de alerta precoce com base em indicadores/ índices;
- a interligação dos resultados do sistema de alerta à implementação de medidas de prevenção e/ou mitigação previamente estipuladas em planos de gestão de secas;
- utilização de indicadores/ índices múltiplos adaptados às características da região.

Para a elaboração dos planos de gestão de secas e o desenvolvimento dos sistemas de alerta é habitualmente seguida a lógica de análise e gestão do risco, assentando nos seguintes pontos principais:

- o risco associado a um fenómeno natural é resultante da intensidade ou severidade do fenómeno (perigo), mas também da vulnerabilidade da região a esse perigo;
- a análise de risco passa pela avaliação da ocorrência do fenómeno (probabilidades ou frequências de ocorrência), bem como das eventuais causas de vulnerabilidade da região;
- a gestão de risco passa pelo planeamento de acções de curto, médio e longo prazo, incluindo a definição de medidas preventivas e/ou de mitigação, bem como das instituições responsáveis pela adopção das mesmas;
- a estipulação dos diferentes cenários de gestão de risco deverá ser efectuada com base em indicadores/ índices representativos dos impactos expectáveis para a região.

Por sua vez, no que diz respeito aos indicadores/ índices de seca verifica-se que:

- a maioria dos índices analisados foi concebida com base nas características da região adoptada para o seu desenvolvimento, podendo não se adequar à avaliação de outras regiões

(por exemplo, no caso do SWSI, verifica-se que o índice entra em linha de conta com uma parcela devida à neve e ao gelo permanente, o que apenas se adequará a zonas montanhosas);

- as escalas de classificação dos principais índices de seca reflectem a ocorrência de impactos para as regiões a partir das quais foram desenvolvidos, devendo a sua aplicação a outras áreas ser sujeita a uma adaptação da escala de classificação respectiva.

- os índices mais utilizados, como o SPI ou o PDSI, apenas permitem a avaliação de uma ou, no máximo, duas variáveis representativas de diferentes fases do ciclo hidrológico (precipitação e evapotranspiração, no caso do PDSI). No caso do SPI, para estimativa da ocorrência de impactos de seca em diferentes fases do ciclo hidrológico, i.e, ao nível do solo, na geração de escoamento superficial ou, ainda, no armazenamento de água superficial ou subterrânea, são consideradas diferentes escalas temporais de avaliação de precipitação acumulada, por exemplo, a 3, 6 ou 12 meses;

- apesar de poderem constituir aproximações razoáveis, não é possível, com base nestes índices, reflectir com rigor a ocorrência de impactos numa dada região, uma vez que tal irá depender, não só da afectação da precipitação, mas também das especificidades dessa área no que toca às utilizações existentes e às características das origens de água respectivas.

Por outro lado, como as secas são um fenómeno natural, de cariz meteorológico, a correspondente área afectada resulta habitualmente bastante extensa. Como tal, salienta-se a importância da abrangência regional na avaliação da severidade de seca, quer atendendo à extensão espacial de afectação da precipitação, quer à possível ocorrência de impactos.

Importa referir que na avaliação de secas regionais seguida em Portugal pelo INAG, IP, apenas é reflectida a afectação da precipitação sem atender às características da região. Como tal, a área onde se verificam os principais impactos poderá não resultar exactamente coincidente com a área em que se verifique uma redução da precipitação, uma vez que aquela depende da localização das utilizações e das origens de água das quais dependem, podendo existir uma transferência de volumes entre bacias/ regiões, etc.. Por outro lado, os métodos de avaliação com base em informação de satélite, sendo especialmente relevantes para a agricultura de sequeiro, não permitem uma avaliação específica dos outros sectores utilizadores, nem mesmo uma avaliação preventiva no caso da agricultura de regadio.

Atentas todas as considerações anteriores, resulta evidente que as avaliações regionais fundadas em sistemas de indicadores múltiplos permitem um ajuste mais completo do sistema de avaliação às características das utilizações e de exploração dos recursos hídricos existentes. Como principal limitação surge, todavia, a complexidade de definição de um sistema deste género, devido à necessidade de compatibilização de informação de diferentes tipos ou mesmo de regiões distintas (consistência temporal e espacial dos índices).

Acresce, ainda, que se mostra especialmente relevante a avaliação da potencial afectação socioeconómica de uma dada situação de seca, por redução das disponibilidades face às utilizações existentes, existindo vários métodos de valoração económica do uso da água que poderão servir de base a essa avaliação.

No que toca às situações de escassez, as principais necessidades de desenvolvimento identificadas são, também, relacionadas com o desenvolvimento de indicadores/ índices apropriados à região de análise, sendo possível concluir que:

- se trata de uma matéria menos explorada do que as situações de seca e cujos principais desenvolvimentos se encontram, ainda, em fase bastante incipiente;
- apesar de os indicadores/índices serem, na sua generalidade, baseados na comparação ou balanço das utilizações face às disponibilidades existentes, impõe-se uma clarificação dos conceitos de quantificação, quer das necessidades para os diferentes sectores utilizadores, quer das disponibilidades efectivamente "exploráveis";
- existe, também, uma indefinição relativamente à escala de avaliação ideal, sendo certo que a escala nacional, ou mesmo da bacia hidrográfica, poderá mascarar a existência de eventuais problemas significativos a um nível mais local;
- os indicadores/ índices a desenvolver deverão ser representativos e adaptados à região a analisar, atendendo à complexidade do fenómeno e a todo o contexto em que este se insere, mantendo um equilíbrio entre a escala de caracterização que permita uma avaliação adequada da escassez, e a identificação de problemas a um nível mais local;
- a avaliação de impactos necessita de um esforço significativo, quer na clarificação dos conceitos-base descritos, quer na análise da importância dos mesmos a diferentes escalas, espaciais e temporais, nomeadamente sob o ponto de vista socioeconómico.

Verifica-se, ainda, que a ocorrência de escassez numa dada região constitui uma importante vulnerabilidade da mesma a eventuais situações de seca, devendo ser integrada na gestão deste tipo de situações. Por outro lado, a ocorrência de situações de seca frequentes poderá, também, levar à geração ou intensificação de situações de escassez, em especial em regiões como o sul da Europa, onde os recursos hídricos são limitados (região semiárida).

2.5 Referências bibliográficas

AGNEW (2000), *Using the SPI to identify drought*, Drought Network news, Vol. 12, No1, Winter 1999-Spring 2000.

ALCAMO, J., DÖLL, P., SIEBERT, S. (1997), *Global change and global scenarios of water use and availability: an application of WaterGAP 1.0,* Report A9701, Center for Environmental Systems Research, University of Kassel, Alemanha.

ALCAMO, J., HENRICHS, T., RÖSCH, T. (2000), *World Water in 2025 – Global modeling and scenario analysis for the World Commission on Water for the 21st Century,* Report A0002, Center for Environmental Systems Research, University of Kassel, Alemanha.

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., SMITH, M., RAES, D., WRIGHT, J.L. (2005), *FAO -56 Dual Crop coefficient method for estimating evaporation from soil and application extensions,* Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 131 (1), pp 24-36.

ALLEY, W. (1984), *The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions*, U.S. Geological Survey, Reston.

ANDREU, J., PÉREZ; M.A., FERRER, J., VILLABOLOS, A., PAREDES, J. (2007), *Drought Management Decision Support System by means of Risk Analysis Models*, capítulo editado em Rossi, G., Vega, T., Bonaccorso, B. (eds), *Methods and tools for Drought Analysis and Management*, Springer, ISBN 978-1-4020-5923-0, pp 195-216.

ANPC (2009), *Guia para a caracterização de risco no âmbito da elaboração de Planos de Emergência de Protecção Civil*, Cadernos Técnicos PROCIV, Autoridade Nacional de Protecção Civil.

BEGUERÍA, S., VICENTE-SERRANO, S., ANGULO-MARTÍNEZ, M. (2010), *A Multiscalar Global Drought Dataset: The SPEIbase – A new gridded product for the analysis of Drought variability and impacts*, Bulletin of the American Meteorological Society, DOI: 10.1175/2010BAMS2988.1

BIROL, E., KAROUSAKIS, K., KOUNDOURI, P. (2006), *Using economic valuation techniques to inform water resources management: A survey and critical appraisal of available techniques and an application*, Science of the Total Environment, Volume 365, Issues 1-3, pp105-122.

BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I., WISNER, B. (2004), *At Risk: Natural Hazards, People´s Vulnerability and Disasters*, New York, ISBN 0-41542-5215-6

BOOKER, J., MICHELSEN, A., WARD, F. (2005), *Economic impact of alternative policy responses to prolonged and severe drought in the Rio Grande Basin*, Water Resources Research, Vol 41, W02026, doi:10.1029/2004WR003486

BOX, G.E.P., COX, D.R. (1964), *An Analysis of Transformations*, Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), Vol. 26, No. 2, pp. 211-252.

BROWN, J., WARDLOW, B., TADESSE. T., HAYES, M., REED, B. (2008), *The Vegetation Drought Response Index (VegDRI): A new integrated approach for monitoring drought stress in vegetation*, GIScience & Remote Sensing, 45, No. 1, p. 16–46.

CANCELLIERE, A., ANCARANI, A., ROSSI, G. (1998), *Susceptibility of Water Supply reservoirs to drought conditions*, Journal of Hydrologic Engineering, Vol.3, No 2, pp 140-148

CANCELLIERE, A., MAURO, G., BONACCORSO, B., ROSSI, G. (2007), *Drought Forecasting Using the Standardized Precipitation Index*, Water Resources Management, 21, pp 801-819.

CANCELLIERE, A., NICOLOSI, V., ROSSI, G. (2009), *Assessment of Drought Risk in Water Supply Systems*, capítulo editado em Iglesias, A., Garrote, L., Cancelliere, A., Cubillo, F., Wilhite, D. (eds), *Coping with Drought Risk in Agriculture and Water Supply Systems*, Advances in Natural and Technological Hazards Research 26, Springer, ISBN 978-1-4020-9044-8, pp 93-109.

CEC (2010), *Second follow up report to the Communication on Water Scarcity and Droughts in the European Union COM (2007) 414 final*, Report from the Commission to the Council and the European Parliament, COM (2010) 228 final, Commission of the European Communities, Bruxelas.

CEC (2010a), *Accompanying document to the Second follow up report to the Communication on Water Scarcity and Droughts in the European Union COM (2007) 414 final*, Report from the

Commission to the Council and the European Parliament, SEC(2010) 573, European Commission, Bruxelas.

CECCATO, P., FLASSE, S., GREGOIRE, J.M. (2002). *Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data: Part 2. Validation and applications*. Remote Sensing of Environment 82: 198-207.

CGER (1997), *Valuing groundwater: Economic concepts and Approaches,* Commission on Geosciences, Environment and Resources, National Research Council, EUA, disponível online em: http://books.nap.edu/catalog.php?record_id=5498

CHANGNON, S., PIELKE, R., CHANGNON, D., SYLVES, R., PULWARTY, R. (2000), *Human factors explain the increased losses from weather and climate extremes*, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 81, nº3, pp-437-442.

CHD (2007), *Plan Especial de Sequia de la Cuenca del Duero*, Confederación Hidrográfica del Duero, Ministerio de Medio Ambiente, Espanha, Valladolid.

CHG (1998), *Plan Hidrologico del Guadiana I y II*, Confederación Hidrográfica del Guadiana, Ministerio de Médio Ambiente, Espanha, Badajoz.

CHG (2007), *Plan Especial de Sequia de la Cuenca del Guadiana*, Confederación Hidrográfica del Guadiana, Ministerio de Medio Ambiente, Espanha, Badajoz.

CHO, D., OGWANG, T., OPIO, C. (2009), *Simplifying the Water Poverty Index*, Springer, DOI 10.1007/s11205-009-9501-2.

COLBY, B. (1989), *Estimating the value of water in alternative uses,* Nat. Res. J., 29(2): 511–527.

CORREIA, F.N., SANTOS, M.A., RODRIGUES, R. (1987), *Engineering Risk in regional drought studies*, em Duckestein, L., Plate, E. (eds), *Engineering Reliability and Risk in Water Resources*, Martinus Nijhoff, Derdrecht.

CORREIA, F.N., SANTOS, M.A., RODRIGUES, R. (1991), *Reliability in regional drought studies*, em Ganoulis, J. (ed), *Water Resources Engineering Risk Assessment*, Springer-Verlag, New York, pp 63-72.

CPC (2006), *Experimental Objective blends of Drought Indicators, Long term and short-term percetiles*, Climate Prediction Center, disponível online em: http//www.cpc.ncep.noaa.gov/products/experimental/edb/droughtblend-access-page.html#exp (consultado em Novembro de 2006).

CPC (2010), *Frequently asked questions about El Niño and La Niña*, Climate Prediction Center, disponível online em: http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensofaq.shtml#ENSO (consultado em Maio 2010).

CPC (2010a), *Land Surface Monitoring and Prediction CPC Leaky Bucket Model*, Climate Prediction Center - National Weather Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, disponível online em: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/Soilmst_Monitoring/introduction.shtml (consultado em Maio de 2010).

CPC (2010b), *US Seasonal Drought outlook*, Climate Prediction Center, disponível online em: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/expert_assessment/seasonal_drought.html (consultado em Maio 2010).

DG ENV EC (2006); *Water Scarcity & Droughts – In-depth assessment, First Interim Report,* Directorate General Environment, European Commission, Bruxelas.

DG ENV EC (2007); *Water Scarcity & Droughts – In-depth assessment, Second Interim Report,* Directorate General Environment, European Commission, Bruxelas.

DG ENV EC (2007a); *Drought Management Plan Report – Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects*, Water Scarcity and Droughts Experts Network, Directorate General Environment, European Commission, Bruxelas.

DGA (2005), *Guía para la redacción de Planes Especiales de Sequia*, Dirección General del Agua, Ministerio de Medio Ambiente, Espanha.

DING, Y., HAYES, M., WILDHAM, M. (2010), *Measuring Economic Impacts of Drought: A review and Discussion*, Paper in Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln, disponível online em http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1198&context=natrespapers

DIXON, L.S., MOORE, N.Y., PINT, E.M. (1996), *Drought Management Policies and Economic effects in Urban Areas of California, 1987-1992*, California Urban Water Agencies, ISBN 0-8330-5467-1.

EEA (1999), *Environmental indicators – Typology and overview*, Technical paper 25, European Environment Agency.

EEA (2009), *Water Resources across Europe – confronting water scarcity and drought*, Environmental European Agency report no 2/2009, Dinamarca, ISBN 978-92-9167-989-8.

EEA (2009a), *Water Scarcity and Droughts: Towards a European Water Scarcity and Droughts Network (WSDN)*, European Topic Centre on Water, European Environment Agency, disponível online em: http://water.eionet.europa.eu/ETC_Reports/GapAnalysis_WSD_13.07.2009_v3.pdf

ESTRELA, T., FIDALGO, A., PÉREZ, M. (2006), *Droughts and the European water framework directive: Implications on Spanish river basin districts*, em Andreu, J., Rossi, G., Vagliasindi, F., Vela, A. (eds), *Drought Management and Planning for Water Resources*, Taylor & Francis Group, ISBN 1 56670 672 6, pp 169-191;

FALKENMARK, M., LUNDQUIST, J., WIDSTRAND, C. (1989). Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches: Aspects of vulnerability in semi-arid development. Natural Resources Forum 13(4):258-267.

FAO (2004), *Economic valuation of water resources in agriculture - From the sectoral to a functional perspective of natural resource management*, FAO Water Reports, FAO, Roma, ISBN 92-5-105190-9.

GAO, B.C. (1996*), NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space*, Remote Sensing of Environment 58: 257-266.

GAREN, D. (1992), *Improved Techniques in Regression-Based StreamflowVolume Forecasting*, Journal of Water Resources Planning and Management, Vol 118, No 6.

GAREN, D. (1993), *Revised Surface Water Supply Index for Western United States*, Journal of Water Resources Planning and Management, Vol 119, No 4.

GARROTE, L., IGLESIAS, A., MONEO, M., GARRIDO, A., GÓMEZ, A., LAPEÑA, A., BENBENISTE, S., CUBILLO, F., IBÁÑEZ, J. (2007), *Chapter 20 – Application of the Drought Management Guidelines in Spain*, em Iglesias, A., Cancelliere, A., Gabiña, D., López-Francos, A., Moneo, M., Rossi, G. (eds), *Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning (MEDROPLAN)*, European Commission – EuropeAid Co-operation Office, Euro-Mediterranean Regional Programme for Local Water Management (MEDA Water).

GATES, D.M. (1970). *Physical and physiological properties of plants*, in Remote Sensing with Special Reference to Agriculture and Forestry (National Research Council Committee on Remote Sensing for Agricultural Purposes), National Academy of Sciences, Washington, D.C, págs 224-252.

GIBBONS, D.C. (1986), *The economic value of water*, Washington, D.C., Resources for the Future

GIBBS, W. J., MAHER, J. V. (1967), *Rainfall deciles as drought indicators*, Bureau of Meteorology Bulletin, No. 48, Austrália, Melbourne, 1967.

GOUVEIA, C., TRIGO, R.M., DACAMARA, C.C. (2009), *Drought and vegetation stress monitoring in Portugal using Satellite data,* Natural Hazards and Earth System Sciences, nº 9, pp 185-195.

GRAFTON, R.Q. (2009), *Economics of Water Resources*, Volumes I & II, ISBN 978-1-84720-646-6

GREEN, C. (2003), *Handbook of Water Economics –Principles and Practices*, ISBN 0-471-98571-6

GREENLEAF (2008), *The Greanleaf Project*, Homepage do Greenleaf Project, USDA Risk Management Agency, National Drought Mitigation Center, University of Nebraska-Lincoln, Disponível online em http://greenleaf.unl.edu/ (Consulta mais recente em Novembro de 2009).

GROOM, B., GUILLE, T., KOUNDOURI, P., KOUNTOURIS, I., MOUSOULIDES, M., NAUGES, C., NOCENTINI, L., SARR, M., TERREAUX, J.P., *Review of Water Pricing Policies and the Issues of Political Economy that surround the Implementation of Water Pricing Policies*, Deliverable 3.5-1, Aquastress Project (FP6 - 511231), disponível online em: http://www.aquastress.net/ (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

GUTTMAN, N. (1999), *Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm*, J. Amer. Water Resour. Association, 35, 311–322.

HAYES, M. (2003), *Drought Indices*; disponível na *homepage* do National Drought Mitigation Center (NDMC), University of Nebraska-Lincoln, [http://drought.unl.edu/whatis/indices.htm], Consultado em Outubro de 2008;

HAYES, M., SVOBODA, M., LE COMTE, D., REDMOND, K., PASTERIS, P. (2005), *Drought Monitoring: New tools for the 21st Century*, em Wilhite, D. (ed.), *Drought and Water Crises – Science, Technology and Management issues*, Taylor & Francis, ISBN 0 847 2771 1, pp 53-69.

HAYES, M., SVOBODA, M., WILHITE, D., VANYARKHO, O. (1999), *Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index*, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 80, No. 3, March 1999, pp 429-438.

HAYES, M., WILHELMI, O., KNUTSON, C. (2004), *Reducing the Drought Risk: Bridging Theory to Practice*, Natural Hazards Review, ASCE, Vol.5, nº2, pp 106-113.

HEIM Jr, R. (2002), *A review of Twentieth-Century Drought Indices used is the United States*, Bulletin of the American Meteorological Society, EUA, pp. 1149-1165.

HOUSTON, L., KLINE, J., ALIG, R. (2002), *Economics Research Supporting Water Resource Stewardship in the Pacific Northwest*, General Technical Report (PNW-GTR-550), U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

IGLESIAS, A., GARROTE, L., CANCELLIERE, A. (2009a), *Guidelines to Develop Drought Management Plans – Chapter 3*, em Iglesias, A., Garrote, L., Cancelliere, A., Cubillo, F., Wilhite, D. (eds), *Coping with Drought Risk in Agriculture and Water Supply Systems*, Advances in Natural and Technological Hazards Research 26, Springer, ISBN 978-1-4020-9044-8, pp 55-65.

IM (2008), *Homepage* de Instituto de Meteorologia, IP Portugal, [online], Disponível: http://www.meteo.pt/ [Outubro de 2009].

INAG (2007), *Preliminary Country Report*, Contribuição portuguesa para o relatório da Comissão Europeia *Water Scarcity & Droughts – In-depth assessment, Second Interim Report*, Instituto da Água, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional.

IWMI (1998). *World Water Demand and Supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues*. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, ISBN 92-9090-354-6.

JENKINS, M., LUND, J., e HOWITT, R. (2003), *Economic Losses from Urban Water Scarcity in California*, Journal of the American Water Works Association, Fevereiro de 2003.

JRC (2008), *Desert Action - Drought*, Página oficial do European Drought Observatory, Institute for Environment and Sustainability, Joint Research Centre, European Commission, Disponível online em http://edo.jrc.ec.europa.eu/ (consulta mais recente em Junho de 2010).

JUHASZ, T., KORNFIELD, J. (1979), *The Crop Moisture Index: Unnatural response to changes in Temperature*, Journal of applied Meteorology, volume 17, pp 1864-1866

KALMA, J.D., FRANKS, S.W.; *Rainfall in arid and semi-arid regions*, capítulo editado em Simmers, I. (ed), Understanding Water in a Dry Environment – Hydrological processes in arid and semi-arid zones, The Netherlands, 2003, ISBN 90 5809 618 1, pp 15 – 56.

KEYANTASH, J., DRACUP, J.A. (2002), *The quantification of Drought: an evaluation of drought indices,* Bulletin of the American Meteorological Society, 83(8), pp 1167-1180.

KNUTSON, C., HAYES, M., PHILIPS, T. (1998), *How to reduce Drought Risk*, Preparedeness and Mitigation Working Group, Western Drought Coordination Council.

KOBLINSKY, C., WILHITE, D. (2007), *The National Integrated Drought Information System Implementation Plan*, NIDIS implementation team, disponível online em [http://www.drought.gov/pdf/NIDIS-IPFinal-June07.pdf] (consultado em Setembro de 2009).

KOGAN, F. (1995), *Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection*, Advances in Space Research, vol 15, nº 11, pp.91-100.

KOGAN, F. (1997), *Global drought watch from space*, Bulletin of the American Meteorological Society, nº78, pp 621-636.

KOGAN, F. (2000), *Contribution of remote sensing to drought early warning*, in Actas do Expert Group Meeting *Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management* ocorrido entre 5 e 7 de Setembro de 2000, WMO, Lisboa, Portugal.

LLOYD-HUGHES, B., SAUNDERS, M. (2002), *A Drought Climatology for Europe*, International Journal of Climatology, 2002, 22, pp 1571-1592

MCKEE, T.B., DOESKEN, N.J., KLEIST, J. (1993). *The relationship of drought frequency and duration of time scales*. Eight Conference on Apllied Climatology, American Meteorological Society, Jan 17-23, Anaheim CA, pp. 179-186.

MCKEE, T.B., DOESKEN, N.J., KLEIST, J. (1995), *Drought monitoring with multiple time scales.* Ninth Conference on Apllied Climatology, American Meteorological Society, pp. 233-236.

MEDROPLAN (2007), *Drought Management Guidelines*, Iglesias, A., Cancelliere, A., Gabiña, D., López-Francos, A., Moneo, M., Rossi, G. (eds), Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning (MEDROPLAN), European Commission – EuropeAid Co-operation Office, Euro-Mediterranean Regional Programme for Local Water Management (MEDA Water).

METROPOLIS, N. and ULAM, S. (1949), *The Monte Carlo method*. Journal of the American Statistical Association 44:335-341.

MMA (2007), Homepage de *Ministerio de Medio Ambiente* [online], Disponível: http://www.mma.es/ [Outubro de 2007].

MMAMRM (2008), *Página principal del Sistema de indicadores del Agua*, site do Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, disponível online em: http://servicios3.mma.es/siagua/indicadores/home.jsp (consulta mais recente em Junho de 2010).

MOREIRA, E., COELHO, C., PAULO, A.A., PEREIRA, L.S., MEXIA, J.T. (2010), *Predição das Transições de Classes de Seca recorrendo a Modelos Loglineares,* em Pereira, L.S., Mexia, J.T., Pires, C.A., (eds), *Gestão do Risco em Secas – Métodos, tecnologias e desafios*, Edições Colibri e CEER – Centro de Engenharia dos Biossistemas, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, ISBN 978-989-689-066-7.

MORID, S., SMAKTHIN, V., BAGHERZADEH, K. (2007), *Drought Forecasting Using Artificial Neural Networks and Time Series of Drought Indices*, International Journal of Climatology, 27, pp2103-2111.

MYERS, V.I. (1970). *Soil, water and plant relations*, in Remote Sensing with Special Reference to Agriculture and Forestry (National Research Council Committee on Remote Sensing for Agricultural Purposes), National Academy of Sciences, Washington, D.C, págs 253-267.

MYSIAK, J., MARKANDYA, A. (2009), *Economic costs of drought*, Xerochore WP 2 Brief, The Xerochore Project, disponível online em http://www.feem-project.net/xerochore/ (última consulta em Dezembro de 2010)

NADSS (2002), *What is Palmer Drought Severity Index?*, National Agricultural Decision Support System, University of Nebraska-Lincoln, http://nadss.unl.edu/PDSIReport/pdsi/, consultado em Outubro 2007.

NCDC (2010), *North American Drought Monitor*, Site da National Climatic Data Center, National Oceanic and Atmospheric Administration, EUA; disponível online em [http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/monitoring/drought/nadm/#overview] (consula mais recente em Junho de 2010)

NCDC (2010a), *Global Historical Climatology Network*, Site da National Climatic Data Center, National Oceanic and Atmospheric Administration, EUA; disponível online em [http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/ghcn-monthly] (consula mais recente em Dezembro de 2010)

NDMC (2006), *The US Drought Monitor Map*, National Drought Mitigation Center, disponível online em: http://www.drought.unl.edu/pubs/abtdrmon.pdf (consultado em Maio de 2010).

NDMC (2006a), *Drought Impact Reporter*, webpage do Drought Impact Reporter, National Drought Mitigation Center, disponível online em http://droughtreporter.unl.edu/ (consultado em Novembro de 2006)

NDMC (2007), *The Standardized Precipitation Index Program Files,* National Drought Mitigation Center, University of Nebraska-Lincoln, disponível online em: http://drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi_program.htm, (consultado em Outubro 2007).

NDMC (2009), *About the National Drought Mitigation Center*, webpage do National Drought Mitigation Center, disponível online em http://www.drought.unl.edu/about.htm (consulta mais recente em Maio de 2010).

NDMC (2010), *Monitoring Drought – The Standardized Precipitation Index*, National Drought Mitigation Center, disponível online em: http://www.drought.unl.edu/monitor/spi.htm (consultado em Maio 2010).

NDPC (2000), *Preparing for Drought in the 21st Century*, National Drought Policy Commission, EUA, disponível online em [http://govinfo.library.unt.edu/drought/finalreport/fullreport/ndpcfullreportcovers/ndpcreportcontents.htm] (consultado em Setembro de 2009).

NEWMAN, F., BERDANIER, C. (1996), *Calculation of soil moisture regimes from climatic record*, Soil Survey Investigations Report 46, Natural Resources Conservation Center, US Department of Agriculture, Disponível online em ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/SSIR/ssir46.pdf

NICHOLLS, N., COUGHLAN, M., MONNIK, K. (2005), *The Challenge of Climate Prediction in Mitigating Drought Impacts*, em Wilhite, D. (ed.), *Drought and Water Crises – Science, Technology and Management issues*, Taylor & Francis, ISBN 0 847 2771 1, pp 33-92.

NICOLOSI, V., CANCELLIERE, A., ROSSI, G. (2007), *Drought Risk Analysis in Water Supply Systems using Genetic Algorithms and Montecarlo simulation*, em Actas da conferência *Water Resources Management: New Approaches and Technologies*, EWRA Symposium, Creta – Grécia, Junho 2007, ISBN 978-960-8475-09-0.

NIDIS (2010), *US Drought Portal*, National Integrated Drought Information System, disponível online em [http://www.drought.gov] (consultado em Maio de 2010).

OECD (1993), *OECD core set of indicators for environmental performance reviews: a synthesis report by the group on the state of the environment*, Environment Monographs 83, Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

OECD (2004), *OECD Key environmental indicators*, Environment Directorate, Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

OHLSSON, L. (2000). *Water Conflicts and Social Resource Scarcity*, em *Physics and Chemistry of the Earth*, Elsevier Science, Vol. 25, Nº 3, pp 213-220.

Olmstead, S., *The Economics of Managing Scarce Water Resources*, Review of Environmental Economics and Policy, volume 4, issue 2, summer 2010, pp 179-198.

ONTA, P., LOOF, R., BANSKOTA, M. (1995), *Performance based irrigation planning under water shortage*, Irrigation and drainage systems, 9, pp 143-162.

ORLANDO, M. (2001), *rdt – Modelo de Distribuição de Secas Regionais, Versão 3.0,* ARIDE, Instituto da Água, Lisboa.

ORLANDO, M., SANTOS; M.J.J, VERÍSSIMO, R., RODRIGUES, R. (2001), *Software for droughts spatial evaluation – rDT*, Poster apresentado na 26ª Assembleia geral da European Geophysical Society, Nice, França.

PALMER, W.C. (1965), *Meteorologic Drought*, U.S. Weather Bureau, Research Paper 45, 65 pp.

PALMER, W.C. (1968), *Keeping track of crop moisture conditions nationwide: the new Crop Moisture Index*, Weatherwise, 21, pp 156-161.

PAULO, A.A., PEREIRA, L.S. (2008), *Stochastic Prediction of Drought Class Transitions*, Water Resources Management, 22, pp 1277-1296.

PAULO, A.A., PEREIRA, L.S. (2010), *Análise Estocástica das Transições entre Classes de Seca através de Modelos de Markov*, em Pereira, L.S., Mexia, J.T., Pires, C.A., (eds), *Gestão do Risco em Secas – Métodos, tecnologias e desafios*, Edições Colibri e CEER – Centro de Engenharia dos Biossistemas, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, ISBN 978-989-689-066-7.

PAULO, A.A., PEREIRA, L.S., MATIAS, G.S. (2007), *Analysis of local and regional droughts in southern Portugal using the theory of runs and the standardized precipitation index*, capítulo editado em Rossi, G., Vega, T., Bonaccorso, B. (eds), *Methods and tools for Drought Analysis and Management*, Springer, ISBN 978-1-4020-5923-0, pp 195-216.

PEREIRA, L.S., ROSA, R.D. (2010), *O MedPDSI, uma modificação do índice de Palmer. I. Desenvolvimento*, em Pereira, L.S., Mexia, J.T., Pires, C.A., (eds), *Gestão do Risco em Secas – Métodos, tecnologias e desafios*, Edições Colibri e CEER – Centro de Engenharia dos Biossistemas, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, ISBN 978-989-689-066-7.

PIRES, C.A., SOUSA, J.M. (2010), *Previsão de Classes de Seca por Cadeias de Markov Condicionadas por Regimes da Oscilação do Atlântico Norte e da Oscilação Ártica*, em Pereira,

L.S., Mexia, J.T., Pires, C.A., (eds), *Gestão do Risco em Secas – Métodos, tecnologias e desafios*, Edições Colibri e CEER – Centro de Engenharia dos Biossistemas, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, ISBN 978-989-689-066-7.

PIRES, V. (2003), *Frequência e Intensidade de Fenómenos meteorológicos extremos associados a precipitação*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Ciências e Engenharia da Terra, Lisboa.

PRIETO, M.M. (2005), *Drought and Water Stress Situations in Spain*, em Wilhite, D. (ed.), *Drought and Water Crises – Science, Technology and Management issues*, Taylor & Francis, ISBN 0 847 2771 1, pp 3-29.

RASKIN, P., GLEICK, P.H., KIRSHEN, P., PONTIUS, R. G. Jr., STRZEPEK, K. (1997), *Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world*. Stockholm Environmental Institute, Documento preparado para a UN Commission for Sustainable Development 5th Session, Suécia, pp 27-29.

RAUCHER, R., CHAPMAN, D., HENDERSON, J., HAGENSTAD, M., RICE, J., GOLDSTEIN, J., HUBER-LEE, A., DEOREO, W., MAYER, P., HURD, B., LINSKY, R., MEANS, E., RENWICK, M. (2005), *The value of Water: Concepts, Estimations and Applications for Water Managers*, Awwa Foundation, disponível online em http://www.aipa.org/Adobe_Files/Value_of_Water/2005_AWWARF_The_Value_of_Water_Concepts_Estimates_and_Applications_for_Water_Managers.pdf (Dezembro de 2010)

RIJSBERMAN, F. (2004), *Water Scarcity: Fact or Fiction?*, em *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress "New directions for a diverse planet*, Brisbane, Australia, disponível online em [http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T3X-4GTVYM3-1&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1077993709&_rerunOrigin=scholar.google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=6b414c96304d9b278549fb8043aaa9f5].

RODRIGUES, R., BRANDÃO, C., LOPES, A.R. (2005), *Análise prévia do primeiro semestre do ano hidrológico de 2004/05*, Programa de Vigilância e Alerta de Secas, Instituto da Água.

RODRIGUES, R., SANTOS, M.A., CORREIA, F.N. (1993), *A Seca na perspectiva da investigação hidrológica*, Actas do *Simpósio sobre Catástrofes Naturais – Estudo, Prevenção e Protecção*, Organização LNEC e Ordem dos Engenheiros, LNEC, Lisboa.

ROSSI, G. (1979), *Characteristics of droughts over a region and shortage control strategies*, em Actas do 18º Congresso da *Internationl Association of Hydro-Environment Engineering*, Cagliari, 1979, Vol 2.

ROSSI, G. (1983), *Drought of Sicily*, em Yevjevich, V., Da Cunha, L., Vlachos, E. (eds), *Coping with Droughts*, Water Resources Publications, Lilleton, Colorado.

ROSSI, G., BENEDINI, M., TSAKIRIS, G., GIAKOUMAKIS, S. (1992), *On Regional Drought Estimation and Analysis*, Review Article em Water Resources Management 6, pp. 249-277

ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A., DEERING, D.W., (1973), *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation*. Prog. Rep. RSC 1978-1, Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station, 93p. (NTIS No. E73-106393).

ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A., DEERING, D.W., (1973a), *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*, Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I, 309-317.

SANTOS, M.A. (1981), *On the stochastic characterization of regional droughts*, Tese de especialista, LNEC, Lisboa.

SANTOS, M.A., CORREIA, F.N., CUNHA, L.V. (1983), *Drought characterization and drought impacts in Portugal*, memória nº 591, LNEC, Lisboa.

SANTOS, M.J., VERÍSSIMO, R., FERNANDES, S., ORLANDO, M., RODRIGUES, R. (2002*), Meteorological Droughts focused on a pan-European context*, em Actas do Congresso internacional *Fouth International FRIEND Conference* entitulado *FRIEND 2002 – Brindging the Gap between Research and Practices*, Cidade do Cabo, África do Sul.

SANTOS, M.J.J. (1996), *Modelo de distribuição de secas regionais*, Tese de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

SANTOS, M.J.J. (1998), *Caracterização e Monitorização de Secas*, Instituto da Água – Direcção de Serviços de Recursos Hídricos.

SHAFER, B.A., DEZMAN, L.E. (1982), *Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas,*Actas de *Western Snow Conference,* Colorado State University, Fort Collins, Colorado, EUA, Abril de 1982, pp. 164-175.

SHIKLOMANOV, I.A. (1991). *The World's water resources*. Actas de International Symposium to Commemorate 25 Years of the IHP. Pp. 93-126. (UNESCO/IHP, Paris).

SMAKTHIN, V., REVENGA, C., DOLL, P. (2004), *Taking into Account Environmental Water Requirements in Global-scale Water Resources Assessments*, Comprehensive Assessment Report 2, Comprehensive Assessment Secretariat, Colombo, Sri Lanka, ISBN 92-9090-542-5.

STEINEMANN, A. (2003), *Drought Indicators and Triggers: A Stochastic Approach to Evaluation*. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 39(5):1217-1233.

STEINEMANN, A. (2006), *Using Climate Forecasts for Drought Management*, Journal of Applied Meteorology and Climatology, 45, pp 1353-1361.

STEINEMANN, A., CAVALCANTI, L. (2006), *Developing Multiple Indicators and Triggers for Drought Plans*, Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 132, No. 3, May 1.

STEINMANN, A., HAYES, M; CAVALCANTI, L. (2005), *Drought Indicators and Triggers*, in Drought and Water Crises: Science, Technology and Management Issues, Wilhite, D. (ed), CRC press - Taylor &Francis group, ISBN: 0-847-2771-1, pp.71-92.

SULLIVAN, C. (2002), *Calculating a Water Poverty Index*, World Development Vol. 30, Elsevier Science, No. 7, pp. 1195–1210.

SULLIVAN, C., MEIGH, J., GIACOMELLO, A., FEDIW, T., LAWRENCE, P., SAMAD, M., MLOTE, S., HUTTON, C., ALLAN, J., SCHULZE, R., DLAMINI, D., COSGROVE, W., DELLI PRISCOLI, J., GLEICK, P., SMOUT, I., COBBING, J., CALOW, R., HUNT, C., HUSSAIN, A., ACREMAN, M., KING, J., MALOMO, S., TATE, E., O'REGAN, D., MILNER, S., STEYL, I. (2003), *The Water Poverty Index: Development and application at the community scale*, Natural Resources Forum 27, United Nations, pp 189-199.

SVOBODA, M., HAYES, M., WILHITE, D., TADESSE, T. (2004), *Recent advances in drought monitoring*, 14th Conference on Applied Climatology, Seattle, WA, disponível online em: http://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/6/ (Consultado em Janeiro 2010).

SVOBODA, M., LECOMTE, D., HAYES, M., HEIM, R., GLEASON, K., ANGEL, J., RIPPEY, B., TINKER, R., PALECKI, M., STOOKSBURY, D., MISKUS, D., STEPHENS, S. (2002), *The Drought Monitor*, Bulletim of the American Meteorological Society, 83(8), pp 1181-1190.

TARPLEY, J.P., SCHNIEDER, S.R. e MONEY, R.L. (1984), *Global vegetation indices from NOAA-7 Meteorological satellite*, J. Climate and Applied Meteorology, #23, 491.

TASE, N. (1976), *Area-Deficit-Intensity Characteristics of Droughts*, Hydrology Papers nº87, Colorado State University, Fort Collins.

TEIXEIRA, J.L., PEREIRA, L.S. (1992), *ISAREG, an irrigation scheduling modeling*, ICID Bulletin, 41 (2), pp 29-48.

THIESSEN, A.H. (1911), *Precipitation averages for large areas*. Monthly Weather Review, 39(7): 1082-1084.

THOM, H.C.S. (1958), *A note on the Gamma distribution*, Monthly Weather Review, Vol 86, nº 4, pp 117-122.

THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. (1955), *The Water Balance*. Publications in Climatology, Laboratory of Climatology, Dressel Institute Techonology, 8(8), pp 1-104.

TSAKIRIS, G., LOUKAS, A., PANGALOU, D., VANGELIS, H., TIGKAS, D., ROSSI, G., CANCELLIERE, A. (2007); *Chapter 7 Drought Characterization*, em Iglesias, A., Cancelliere, A., Gabiña, D., López-Francos, A., Moneo, M., Rossi, G., (eds) *Drought Management Guidelines*, European Commission – EuropeAid Co-operation Office, Euro-Mediterranean Regional Programme for Local Water Management (MEDA Water) e Mediterranean Drought Preparedeness and Mitigation Planning (MEDROPLAN).

TSAKIRIS, G., NALBANTIS, I., PANGALOU, D., TIGKAS, D., VANGELIS, H. (2008*), Drought meteorological monitoring network design for the Reconnaissance Drought Index (RDI)*, em Actas da conferência *First International Conference: Drought management: scientific and technological innovations*, Zaragoza (Espanha).

TSAKIRIS, G., PANGALOU, D. (2009), *Drought Characterization in the Mediterranean – Chapter 6*, em Iglesias, A., Garrote, L., Cancelliere, A., Cubillo, F., Wilhite, D. (eds), *Coping with Drought Risk in Agriculture and Water Supply Systems*, Advances in Natural and Technological Hazards Research 26, Springer, ISBN 978-1-4020-9044-8, pp 69-80.

TSAKIRIS, G., PANGALOU, D., TIGKAS, D., VANGELIS, H. (2007a*), Assessing the Areal Extent of Drought*, em Actas da conferência *Water Resources Management: New Approaches and Technologies*, EWRA Symposium, Chania, Grécia, Junho de 2007, ISBN 978-960-8475-09-0.

TSAKIRIS, G., PANGALOU, D., VANGELIS, H. (2007b), *Regional Drought Assessment Based on the Reconnaissance Drought Index (RDI),* Water Resources Management, 21, pp 821-833.

TSAKIRIS, G., ROSSI, G., BENEDINI, M., BALOUTSOS, G., KAIMAKI, P., GIAKOUMAKIS, S., MINGOLA, G. *et al* (1992), *Drought effects on vegetation and soil degradation in Mediterranean countries*, EPOC-CT90-0028, Progress Report.

TSAKIRIS, G., VANGELIS, H. (2004), *Towards a drought watch system based on spatial SPI*, Water Resources Management, 18, pp 1–12.

TSAKIRIS, G., VANGELIS, H. (2005), *Establishing a drought index incorporating evapotranspiration,* European Water, 9/10, pp 3-11.

TUCKER, C. J., SELLERS, P. J. (1986), *Satellite remote sensing of primary production*, International Journal of Remote Sensing, 7: 11, 1395 — 1416.

TUCKER, C.J. (1979), *Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation*, Remote Sensing of Environment, 8(2),127-150 (abstract).

UNDP (1990), *Human Development Report 1990*. United Nations Development Programme, Oxford, University Press, New York, ISBN 0-19-506480-1.

UNISDR (2002), *Drought – Living with Risk: An Integrated Approach to Reducing Societal Vulnerability to Drought*, ISDR Ad Hoc Discussion Group on Drought, United Nations International Strategy for Disaster Reduction, disponível online em [http://www.unisdr.org/eng/task%20force/tf-adhoc/droughts/WGD-doc1.pdf].

USACE (1995), *National Study of Water Management during Drought – The Report to U.S. Congress*, Water Resources Support Center, Institute for Water Resources, U.S. Army Corps of Engineers, IWR REPORT 94-NDS-12.

USGS (2010), *WaterWatch – Current water resources conditions*, US Geological Survey, disponível online em: http://waterwatch.usgs.gov/ (consultado em Maio de 2010).

VALIÑAS, M. (2006), *Analysing rationing policies: drought and its effects on urban users' welfare (Analysing rationing policies during drought)*, Applied Economics, Vol. 38, nº 8, pp 955-965.

VAZ, A.C. (1993), *Uma metodologia para a caracterização e monitorização de secas*, Estudo realizado durante o período sabático do autor, Publicação IST/LNEC- 1/93, Lisboa.

VICENTE-SERRANO, S. (2007), *Evaluating the Impact of Drought Using Remote Sensing in a Mediterranean, Semi-arid Region*, Natural Hazards, nº 40, pp 173–208.

VICENTE-SERRANO, S., BEGUERÍA, S., LÓPEZ-MORENO, J.I. (2010), *A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*, American Meteorological Society, Journal of Climate, 23, pp 1696-1718.

VICENTE-SERRANO, S., CUADRAT-PRATS, J.M., ROMO, A. (2006), *Early prediction of crop productions using drought índices at diferente time-scales and remote sensig data: Application in the Ebro Valley (north-east Spain)*, International Journal of Remote Sensing, 27, pp 511-518.

VICENTE-SERRANO, S., LÓPEZ-MORENO, J.I. (2005), *Hydrological response to different time scales of climatological drought: An evaluation of the standardized precipitation index in a mountainious Mediterranean basin*, Hydrology and Earth Systems Sciences, 9, pp 523-533.

WARD, F., BOOKER, J., MICHELSEN, A. (2006), *Integrated Economic, Hydrologic and Institutional Analysis of Policy responses to Mitigate Drought Impacts in Rio Grande Basin*, Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 132, Nº6, pp 488-502.

WARD, F.A., YOUNG, R., LACEWELL, R., KING, J.P., FRASIER, M., MCGUCKIN, J.T., DUMARS, C., BOOKER, J., ELLIS, J., SRINIVASAN, R. (2001), *Institutional Adjustements for Coping with Prolonged and Severe Drought in the Rio Grande Basin*, Technical Completion Report No. 317, New Mexico WRRI, Texas WRRI, Colorado WRRI.

WCRP (2010), *Drought Predictability and Prediction in a Changing Climate: Assessing Current Predictive Knowledge and Capabilities, User Requirements and Research Priorities*, Draft White Paper, World Climate Research Programme.

WILHITE, D. (2009), *Drought Monitoring as a Component of Drought Preparedness Planning – Chapter 1*, em Iglesias, A., Garrote, L., Cancelliere, A., Cubillo, F., Wilhite, D. (eds), *Coping with Drought Risk in Agriculture and Water Supply Systems*, Advances in Natural and Technological Hazards Research 26, Springer, ISBN 978-1-4020-9044-8, pp 3-19.

WILHITE, D., BOTTERILL, L., MONNIK, K. (2005), *National Drought Policy: Lessons learned from Australia, South Africa and the United States*, em Wilhite, D. (ed.), *Drought and Water Crises – Science, Technology and Management issues*, Taylor & Francis, ISBN 0 847 2771 1, pp 33-92.

WILHITE, D., GLANTZ, M. (1987), *Understanding the drought phenomena: The role of definitions*, em Wilhite, D. e Easterling, W (eds), *Planning for drought: Toward a reduction of societal vulnerability*, Westview, Boulder, Colorado, pp 11-27

WILHITE, D., HAYES, M., KNUTSON, C. (2005a), *Drought Preparedness Planning: Building Institutional Capacity*, em Wilhite, D. (ed.), *Drought and Water Crises – Science, Technology and Management issues*, Taylor & Francis, ISBN 0 847 2771 1, pp 93-135.

WILHITE, D., HAYES, M., KNUTSON, C., SMITH, K. (2000), *Planning for Drought: Moving from Crisis to Risk Management*, J of the American Water Resources Association, Vol.36, nº4, pp 697-710.

WILHITE, D., SVOBODA, M., HAYES, M. (2007), *Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness*, Water Res. Manag., 21, pp 763-774.

WU, H., HAYES, M. J., WILHITE, D. A., SVOBODA, M. D. (2005), *The effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation*, International J. of Climatology, 25, pp 505–520.

YEVJEVICH, V. (1967), *An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts*, Hydrology paper Nº 23, Colorado State University, Fort Collins.

3. Delimitação e caracterização do caso de estudo

3.1 Análise de situações de escassez - Contexto nacional

Segundo dados do Plano Nacional da Água (INAG, 2001a), e analisando o *Falkenmark Indicator*[66], Portugal, com um volume global de disponibilidades superior a 3200 m^3 por habitante, estará, globalmente, acima do limiar de *stress* hídrico. Porém, como é possível verificar na Figura 1.14[67], Portugal é o 5º Membro da UE com índice de exploração de recursos hídricos (WEI) mais elevado (cerca de 16%), não considerando as necessidades para a produção de energia. Tal aponta para o início de alguma pressão sobre os recursos hídricos, uma vez que é considerada a existência de potenciais problemas de *stress* hídrico para valores de WEI superiores a 20%[68].

Além disso, uma vez que a referida classificação corresponde a uma avaliação a nível nacional, pode disfarçar algumas situações mais problemáticas ao nível das bacias hidrográficas. Por esse motivo, foi considerada a hipótese de aplicação do índice WEI às diferentes bacias hidrográficas, pelo que foi necessário determinar a parcela de água captada em cada uma, para comparação com as disponibilidades anuais respectivas. Para tal, foram considerados os consumos estimados para as principais utilizações, com base num estudo efectuado pelo INAG – Instituto da Água, IP (INAG, 2007), com a colaboração da FEUP e do autor da presente dissertação. Para uma correcta avaliação dos volumes captados, em cada região hidrográfica, foi necessário atender à existência de transferências entre bacias (Tabela 3.1). No caso das bacias de origem, o valor transferido foi considerado mais uma captação/ utilização, enquanto, nas

[66] Ver Capítulo 2 – ponto 2.3.1.
[67] Ver Capítulo 1 – ponto 1.3.2.
[68] Ver Capítulo 2 – ponto 2.3.1.

bacias de destino, o volume transferido foi considerado um acréscimo de recursos disponíveis sendo, portanto, adicionados aos valores das disponibilidades.

Tabela 3.1: Principais transferências de água entre bacias hidrográficas (INAG, 2001a)

Bacia Hidrog. de Origem	Bacia Hidrog. de Destino	Volume transferido (hm^3)	Uso da água
Cávado	Ave	2	A. Urbano
Cávado	Leça	8	A. Urbano
Douro	Leça	40	A. Urbano
Douro	Tejo	50	Rega
Mondego	Tejo	50	Rega
Tejo	Rib.Oeste	40	A. Urbano
Sado	Guadiana	2	A. Urbano
Sado	Mira	10	Industrial
Guadiana	Ribeiras do Algarve	30	Fins Múltiplos

Nesta avaliação deverão, também, ser tidos em conta os volumes médios afluentes do país de montante (disponibilidades), no caso das bacias internacionais partilhadas com Espanha (Minho, Lima, Douro, Tejo e Guadiana). Porém, dada a incerteza associada a estes volumes, para estas bacias específicas, o WEI foi calculado considerando os volumes médios afluentes de Espanha (avaliação a) da Figura 3.1), mas também considerando apenas o escoamento superficial gerado na parte portuguesa (avaliação b) da Figura 3.1).

Em termos de classificação, para avaliação ao nível da bacia hidrográfica, a *European Envirnonmental Agency* (EEA), considera que as bacias com WEI superior a 20% estarão mais sujeitas a situações de *stress* hídrico, enquanto as bacias com WEI superior a 40%, correspondem a condições severas de stress hídrico (EEA, 2005).

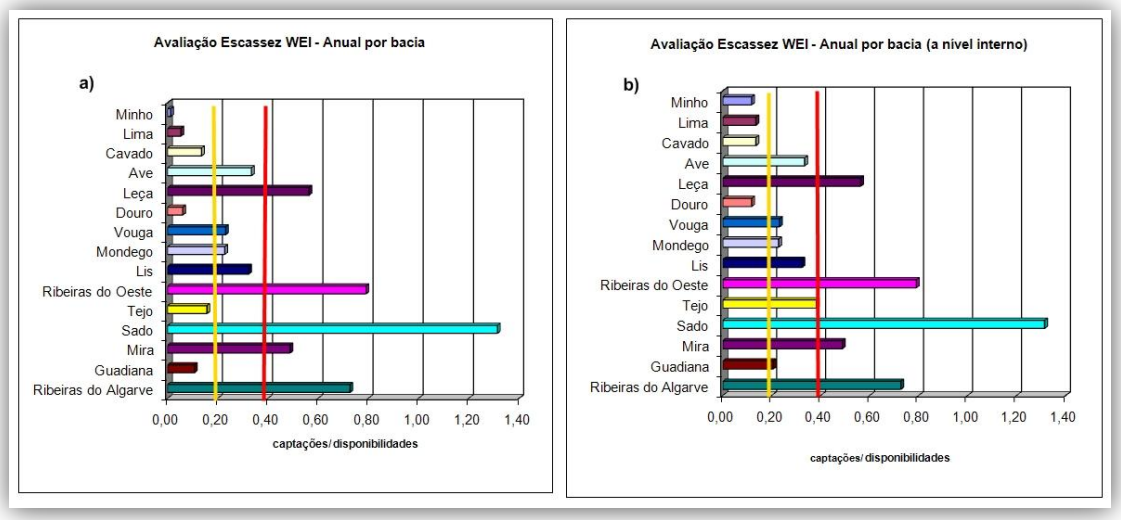


Figura 3.1: WEI aplicado às diversas bacias hidrográficas Portuguesas considerando a) afluências externas (Espanha) e b) afluências apenas a nível interno.

Considerando a classificação referida, verifica-se que as bacias mais afectadas são as de dimensão média, mais próximas da orla costeira, correspondendo à ideia de que, apesar de terem características climáticas mais húmidas, a concentração de utilizações na zona litoral, em acordo com o maior desenvolvimento económico e densidade populacional, acabam por tornar estas bacias mais propensas a problemas de escassez. Além disso, ainda na Figura 3.1, considerando a avaliação a nível interno (b), as bacias do Tejo e do Guadiana, juntam-se à lista de bacias sujeitas a condições de *stress* hídrico (20% WEI), ficando a do Tejo perto do limiar das condições severas de *stress* hídrico (40% WEI).

Em relação à bacia do Guadiana convirá, todavia, notar, que a avaliação apresentada não incorpora, ainda, o aumento de consumos para rega, expectável com o pleno funcionamento do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), pelo que, num futuro próximo, o valor do WEI poderá vir a ser superior. De facto, segundo a definição do WEI[69], as disponibilidades são contabilizadas a partir do escoamento anual em regime natural, pelo que, como é evidente, não se alterará com a construção das albufeiras de Alqueva e Pedrógão. Mais ainda, não é incluída a transferência de volumes, prevista realizar através do EFMA, da bacia do Guadiana, para a bacia do Sado[70]. Essa transferência, potencialmente a concretizar em pleno com a conclusão das infra-estruturas da rede primária de rega desse empreendimento, irá agravar as utilizações dependentes da bacia do Guadiana e, pelo critério definido em relação às transferências entre bacias (aumento das utilizações na bacia de origem e de aumento das disponibilidades na bacia de destino), irá também aumentar o valor do WEI correspondente à bacia do Guadiana.

Desta avaliação pode, então, inferir-se a existência de um nível já significativo de utilizações de recursos hídricos na bacia do Guadiana (ver b) da Figura 3.1), perspectivando-se um potencial agravamento dessas utilizações com o funcionamento pleno do EFMA. Não obstante, esta avaliação deverá ser efectuada, especificamente, quer ao nível da origem de água, por análise das principais utilizações associadas, quer a longo prazo, considerando cenários expectáveis ao nível meteorológico e ao nível das utilizações, atendendo a possíveis perspectivas de desenvolvimento regional.

3.2 Impactos das principais situações de seca - Contexto nacional

Para avaliação do risco de seca na bacia do Guadiana foram analisadas as situações em que se verificou a ocorrência de impactos, identificando os principais sectores afectados, a respectiva distribuição espacial, a severidade e, ainda, o impacto económico dos mesmos.

Tendo por base Feio & Henriques (1986), INAG (1993), CPS (2005), bem como informação complementar, relativa à avaliação de secas, da hidrobiblioteca do SNIRH (SNIRH, 2010), foi possível identificar, de forma genérica para todo o país, e para os últimos 30 anos, a referência a avaliações de seca para os anos hidrológicos de 1980/81, 1982/83, 1991/92, 1992/93, 1994/95, 1998/99 e 2004/05. Não obstante, dos anos referenciados, apenas existe

[69] Ver ponto 2.3.1.5.
[70] Ver tópico específico no ponto 3.3.5.

informação mais pormenorizada para os anos hidrológicos de 1980/81, 1982/83, 1992/93 e 2004/05, provavelmente correspondentes às situações de seca com impactos mais significativos.

Assim, considerando, como principais situações de seca, os anos hidrológicos 1980/81 e 1982/83 (avaliados em conjunto), 1992/93 e 2004/05, foi efectuada uma análise global das principais afectações em cada sector utilizador: agricultura, abastecimento urbano, actividades empresariais, produção de energia e biomassa e diversidade, para as principais regiões hidrográficas do país, tomando por base a informação existente em Feio & Henriques (1986), INAG (1993) e CPS (2005). Para cada um dos sectores foram sistematizados os impactos ocorridos, as principais regiões afectadas e uma estimativa dos correspondentes custos, quando essa informação estava disponível (Tabelas 3.2 a 3.4). Além disso, foram apresentadas algumas estimativas de custo globais, para o país, de cada uma das situações de seca em causa, que tiveram por base um estudo efectuado pelo Instituto da Água, IP, (INAG, 2007), já referido em 3.1 e que contou com a colaboração do autor da presente dissertação e que deu, também, origem a uma publicação específica sobre o tema (Vivas & Maia, 2008a). Encontram-se resumidos nas tabelas seguintes (Tabelas 3.2 a 3.4) os dados de impactos identificados, com base na bibliografia referida, para cada um dos principais eventos, para os diferentes sectores.

Tabela 3.2: Avaliação resumida dos principais impactos ocorridos, regiões afectadas e custos segundo os diferentes sectores utilizadores de água: Anos de 1980/81 e 1982/83

Anos de 1980/81 e 82/83		
Agricultura	**Impactos**	Culturas mais afectadas: grão-de-bico e girassol; Afectação das pastagens até à Primavera de 1983; Necessário o abate de vacas de criação; Quebras de produção moderadas nos pomares de regadio e nas culturas de milho e feijão.
	Bacias mais afectadas	Douro, Mondego, Tejo, Sado, Guadiana, Rib. Algarve
	Custos	S/ estimativa
Abastecimento Urbano	**Impactos / (medidas)**	Poços de abastecimento ficaram sem água; (Abastecimento de populações por autotanque; construção de algumas obras de emergência).
	Bacias mais afectadas	Guadiana, Rib. Algarve
	Custos	15 M€ (valor actualizado)
Actividades Empresariais	**Impactos**	-
	Bacias mais afectadas	-
	Custos	S/ Estimativa
Produção de energia	**Impactos**	Redução de caudais no Tejo.
	Bacias mais afectadas	Tejo
	Custos	S/ Estimativa
Biomassa e diversidade	**Impactos**	-
	Bacias mais afectadas	-
	Custos	S/ Estimativa

Tabela 3.3: Avaliação resumida dos principais impactos ocorridos, regiões afectadas e custos segundo os diferentes sectores utilizadores de água: Ano de 1992/93

Ano 1992/93		
Agricultura	**Impactos/ (medidas)**	Redução das principais áreas regadas; Afectação das condições de abeberamento do gado; (Necessidade de abertura de furos colectivos e abastecimento por autotanque para abeberamento do gado).
	Bacias mais afectadas	Douro, Tejo, Sado, Guadiana, Rib. Algarve
	Custos	S/ Estimativa
Abastecimento Urbano	**Impactos/ (medidas)**	Problemas no abastecimento de alguns concelhos Redução da qualidade da água. (Restrições ao abastecimento, abastecimento por autotanque, novas captações);
	Bacias mais afectadas	Douro, Mondego, Rib. Oeste, Tejo, Guadiana
	Custos	12 M€ (valor actualizado)
Actividades Empresariais	**Impactos**	-
	Bacias mais afectadas	-
	Custos	S/ Estimativa
Produção de energia	**Impactos**	Redução dos volumes turbinados.
	Bacias mais afectadas	-
	Custos	S/ Estimativa
Biomassa e diversidade	**Impactos**	-
	Bacias mais afectadas	-
	Custos	S/ Estimativa

Tabela 3.4: Avaliação resumida dos principais impactos ocorridos, regiões afectadas e custos segundo os diferentes sectores utilizadores de água: Ano de 2004/05

Ano 2004/05		
Agricultura	**Impactos/ (medidas)**	Afectação significativa das culturas de sequeiro; Restrições ao cultivo de culturas de regadio; Diminuição da produção florestal; Afectação do potencial produtivo das culturas permanentes; Problemas no abeberamento do gado; (Maior dependência forrageira do exterior).
	Bacias mais afectadas	Douro, Vouga, Mondego, Rib. Oeste, Sado, Mira, Guadiana, Rib. Algarve
	Custos	520 M€
Abastecimento Urbano	**Impactos/ (medidas)**	Esgotamento de furos; Redução dos períodos de abastecimento, redução da qualidade da água, abastecimento levado ao limite em algumas regiões (Algarve); Perda de fiabilidade das origens mais pequenas; (Restrições ao abastecimento, abastecimento por autotanque, novas captações);
	Bacias mais afectadas	Douro, Vouga, Mondego, Tejo, Sado, Guadiana, Rib. Algarve
	Custos	20M€
Actividades Empresariais	**Impactos**	Abastecimento industrial afectado por questões de salinidade; Aumento de custos de produção nas actividades com interface na produtividade do território (agricultura, florestas e pescas).
	Bacias mais afectadas	Lima, Vouga, Mondego, Tejo e Sado.
	Custos	35 M€
Produção de energia	**Impactos**	Importante restrição na produção de energia hidroeléctrica (compatibilização dos baixos níveis de volumes, com os usos existentes); Aumento do quantitativo anual de licenças de emissão de CO2.
	Bacias mais afectadas	Lima, Douro, Mondego, Tejo e Sado
	Custos	260 M€
Biomassa e diversidade	**Impactos**	Aumento da secura do coberto vegetal (reflexo no número de incêndios); Degradação da qualidade da água nos rios; Aumento do *stress* ambiental sobre as espécies piscícolas (sul do País); Redução das condições físicas para a qualidade de vida dos peixes ou, até, conducentes à sua mortalidade.
	Bacias mais afectadas	Sado, Guadiana, Rib. Algarve
	Custos	10 M€

Verifica-se, para as três situações de seca identificadas, que:

- Dos diferentes sectores utilizadores, aquele que surgiu claramente mais afectado foi o sector agrícola, em especial nas culturas de sequeiro, mais susceptíveis a variações nas condições de precipitação. Ainda neste sector verifica-se que surgem sempre afectadas as pastagens e o abeberamento do gado.
- No sector do abastecimento urbano verificaram-se algumas restrições ao abastecimento de algumas povoações, tendo sido necessário recorrer, em alguns casos, ao abastecimento por autotanque e à realização de novas captações.
- As actividades empresariais mais afectadas estão relacionadas com o sector agrícola ou correspondem a situações específicas de problemas decorrentes de captações próprias.
- A produção de energia surge afectada nas três situações de seca descritas, sendo de referir que, para o caso mais recente (Tabela 3.4), a afectação de produção hidroeléctrica corresponde a um aumento de emissões de CO_2 com implicações no quantitativo anual de licenças de emissão (em contabilização desde o ano 2004).
- A componente ambiental, denominada biomassa e diversidade, apenas começou a ser avaliado nos últimos anos, razão pela qual não surge identificado com nenhum tipo de impactos para as situações de seca mais antigas (1980/81-1982/83 e 1992/93).

Quanto aos custos ou impactos/perdas económicos para cada uma das situações de seca, segundo dados do Instituto da Água, IP (INAG, 2007), puderam ser estimados os seguintes valores, actualizados à data de 2007 (valores globais para o país e englobando todos os sectores utilizadores):

- Seca 1981/82 e 1982/83: 320 M€
- Seca 1992/93: 680 M€
- Seca 2004/05: 845 M€

Em relação aos valores referidos e, em especial, atendendo à considerável diferença entre a estimativa de custos correspondentes à situação de seca dos anos de 1980/81 e 1982/83, por comparação com o ano de 1992/93, convém notar que existiu uma significativa intensificação das utilizações da água desde a década de 80. Além disso, a estimativa atende, também, à memória de acontecimentos passados, sendo natural que os acontecimentos mais recentes estejam mais presentes e, como tal, a estimativa de perdas seja superior. Não obstante, como seria de esperar, o evento mais recente foi também o mais gravoso em termos económicos.

Importa, por fim, referir que, na bacia do Guadiana, se verificou uma significativa afectação em qualquer das situações analisadas, em especial nos sectores do abastecimento urbano e da agricultura, o que realça a importância das situações de seca nessa bacia hidrográfica e a relevância da mesma como caso de estudo para a definição de uma metodologia de avaliação e gestão.

3.3 Caracterização geral da bacia do Guadiana

A presente caracterização da bacia hidrográfica do rio Guadiana teve por base uma compilação de elementos de diferentes fontes bibliográficas, procurando maximizar o grau de detalhe nas diferentes vertentes, embora mantendo um nível de coerência entre os diversos dados indicados. Assim, as principais fontes de informação consideradas na caracterização geral da bacia foram: INAG (2000); CADC (2007); INAG & ARH Alentejo (2009). Mais especificamente, no que toca à informação sobre a parte espanhola da bacia, foram consideradas as seguintes referências bibliográficas: CHG (1998), CHG (2007), CHG (2009). Por fim, a caracterização da parte portuguesa resultou, essencialmente, de uma compilação de dados de: INAG (2001); INAG (2001a); INAG & ARH Alentejo (2009). A utilização de referências mais específicas é devidamente indicada no texto descritivo apresentado em seguida.

3.3.1 Características gerais

Sendo uma das cinco bacias hidrográficas partilhadas entre Portugal e Espanha (Figura 3.2), a bacia do Guadiana abrange uma superfície total de 66 800 km^2, dos quais 55 220 km^2 (83%) em Espanha e 11 580 km^2 (17%) em Portugal. A população total da bacia ronda os 1.800.000 habitantes, embora apenas cerca de 14% sejam residentes na parte portuguesa.

A bacia do Guadiana é delimitada, na parte espanhola, pelas bacias hidrográficas do Tejo, a Norte, do Júcar, a Este e do Guadalquivir e bacias andaluzas dos rios Tinto, Odiel e Piedras, a Sul. Por sua vez, na parte portuguesa, a bacia é limitada pelas bacias do Tejo, a Norte, do Sado e Mira, a Oeste e das Ribeiras do Algarve, a Sul.



Figura 3.2: Bacias hidrográficas partilhadas na península ibérica (CADC, 2007)

O rio Guadiana nasce nas lagoas de *Ruidera*, em Espanha, a 1400 m de altitude, desenvolvendo-se ao longo de 810 km até à foz, no oceano Atlântico, junto a Vila Real de Santo António. Em Portugal o rio tem um desenvolvimento total de 260 km, dos quais cerca de 110 km

delimitam a fronteira. Não sendo uma das regiões mais montanhosas da península ibérica (Figura 3.3), a altitude média é de 450m, variando entre os cerca de 1600m no pico da *Villuerca*, em *Cáceres*, até ao zero hidrográfico, na foz.

Sob o ponto de vista morfológico, a bacia global pode ser subdivida em três zonas de características distintas: Alto, Médio e Baixo Guadiana:

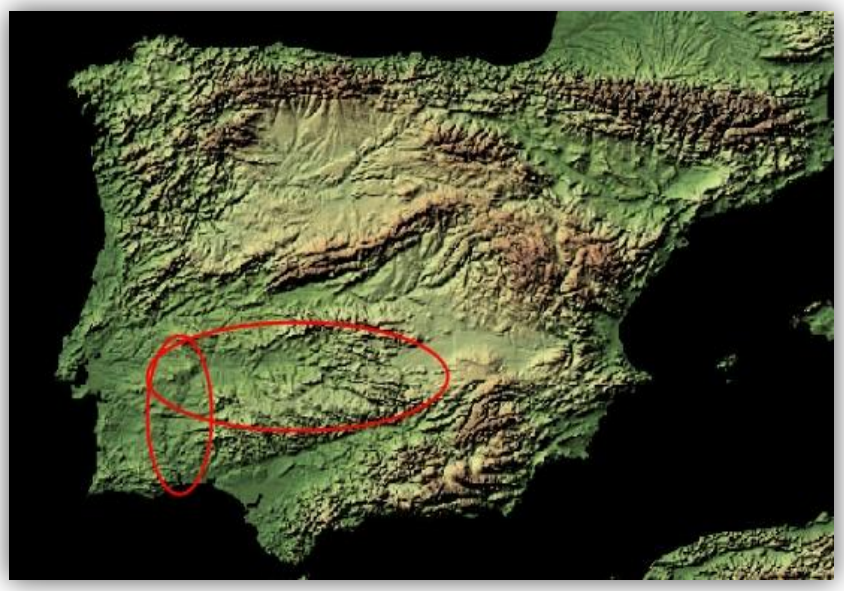


Figura 3.3: Modelo digital do terreno da península ibérica com indicação da localização da bacia hidrográfica do Guadiana (parte espanhola e parte portuguesa) (NIDIS, 2010)

O Alto Guadiana estende-se entre as cabeceiras e a confluência com o rio *Valdehornos*, abrangendo a zona de *Castilla-la-Mancha*, sendo limitado a norte e sul por cadeias montanhosas de mediana altitude. Geologicamente, o planalto é formado por depósitos recentes, de fácies calcário, muito permeáveis, constituindo importantes aquíferos que interagem significativamente com o escoamento superficial. Essa região apresenta grandes extensões de solo com aptidão para a utilização agrícola, embora, por vezes, se verifiquem algumas limitações devidas a elevados teores em sódio, carbonatos e sulfatos e, também, por falta de água. Nesta região os sistemas aquíferos estão sobreexplorados e as características geológicas e topográficas impedem a criação de grandes albufeiras.

O Médio Guadiana, entre o rio *Valdehornos* e a fronteira portuguesa, abrangendo também a bacia do Ardila, corresponde ao bordo sudoeste do soco Hercínio da Meseta Ibérica, sendo constituído por formações metamórficas muito antigas (xistos, gnaisses, migmatitos). A faixa sul (Serra Morena) prolonga-se em Portugal pelas serras do Caldeirão e Espinhaço de Cão, que separam o Alentejo do Algarve. A bacia é geralmente impermeável, excepto a correspondente a alguns afluentes de montante pela margem esquerda. Os solos aluvionares no fundo dos vales são geralmente pedregosos e pouco profundos a leste, aumentando a sua espessura para ocidente. Nesta zona surge concentrada uma parte muito significativa das utilizações da parte espanhola da bacia (em especial no que toca à agricultura de regadio), mas

também onde os recursos hídricos superficiais são mais significativos e onde, consequentemente, se verifica a localização das principais albufeiras.

O Baixo Guadiana corresponde essencialmente à parte portuguesa do rio, incluindo ainda, a bacia espanhola do Chança. Os solos, essencialmente derivados de xistos, são geralmente pesados, apresentando frequentemente problemas de drenagem. São actualmente regados, ou estão em vias de ser equipados, cerca de 50 000 ha, dos quais 45 000 em Portugal e 5000 em Espanha (Chança). Com o pleno funcionamento do Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva, na parte portuguesa e do sistema *Chança-Andévalo*, em Espanha, prevêem-se regar nesta zona um total de cerca de 140.000 ha, 110.000ha em Portugal e 30.000ha em Espanha.

Muito embora grande parte da área espanhola se localize a montante da parte portuguesa, o trecho final do rio Guadiana, ao contrário dos outros rios luso-espanhóis, é partilhado entre os dois países, depois de entrar em território Português (tal como se pode verificar na Figura 3.2). De facto, nos últimos 50 km do seu desenvolvimento o rio Guadiana constitui novamente a fronteira entre Portugal, na margem direita, e Espanha, na margem esquerda.

Esta interdependência cria um contexto singular para a gestão de recursos hídricos desta bacia, entre ambos os países. De facto, a parte portuguesa da bacia depende, em primeira instância, do uso e regulação espanholas do rio Guadiana (não só no que toca à quantidade, mas também à qualidade da água), mas, por outro lado, representa também uma parte fulcral para garantia dos volumes em quantidade e qualidade necessária para a zona estuarina, verificando-se especialmente importante para a sustentabilidade e para o equilíbrio das zonas costeiras tanto Portuguesas como Espanholas.

3.3.2 Características climáticas

As características climáticas da bacia do Guadiana resultam de uma série de factores (adaptado de CHG, 2007):

- Latitude: Estando localizada entre os paralelos 37 e 40, a zona é marcadamente influenciada pelas características termodinâmicas das massas de ar subtropical marítimo e continental-saariano. Além disso, é influenciada pelas massas de ar polar marítimo e polar continental.
- Continentalidade: Causa de fortes oscilações e de valores extremos das características climáticas, em que a oscilação térmica pode atingir, em termos absolutos, 60ºC, entre os valores máximos e mínimos de temperatura, o que se supõe ser resultado da influência de temperaturas da região siberiana e também do deserto do *Sahara*.
- Proximidade do mediterrâneo e de África: Circunstância geral de toda a península, com importante influência no clima. Embora a vertente mediterrânica seja sentida de forma mais significativa, a influência de África resulta, especialmente, do deserto do *Sahara*.
- Balanço de radiação térmica: A latitude subtropical da região implica um elevado número de horas de insolação, o que, em conjunto com a geografia pouco acidentada, conduz a

valores muito significativos de valores de evapotranspiração, superiores a 1000 mm/ano. A localização da bacia, a sul do paralelo 43, origina um balanço de radiação térmica positivo.

- Influência Atlântica e Mediterrânica: A região apresenta algumas características hipsométricas mediterrânicas, mas também uma influência importante do Oceano Atlântico.

Como resultado destes factores, o clima da bacia do Guadiana é, genericamente, do tipo Mediterrâneo-Continental, sendo a sua característica principal a existência de uma estação seca bem definida (de Maio a Setembro) e a verificação de significativas oscilações térmicas.

Assim, verifica-se que a temperatura média anual é, em quase toda a bacia, próxima dos16°C. Nos meses mais quentes (Julho/Agosto), a temperatura média do ar varia entre 24°C junto ao mar, 26°C na zona fronteiriça e 28°C em *Ciudad Real*. No mês mais frio (Janeiro), a temperatura média do ar ronda os 9°C na bacia, verificando-se, junto do mar, cerca de 11ºC, e 8,5ºC na zona de Portalegre e Elvas.

A precipitação média anual ponderada sobre a bacia é de 550 mm (561 mm em Portugal e 540 mm em Espanha), com mínimos de 350 mm na zona central da planície de *La Mancha*, na parte espanhola, e de 450 mm na zona de Mértola e Moura, em Portugal, e um máximo ligeiramente superior a 1000 mm na cabeceiras do Ardila (em Espanha), do Odeleite e do Caia. Não obstante, em termos globais, a precipitação anual média está normalmente compreendida entre os 500 e os 600 mm.

A distribuição interanual da precipitação é, por sua vez, extremamente irregular, podendo, em termos de precipitação ponderada para toda a bacia, descer abaixo dos 400 mm em anos secos e quase atingir os 800 mm em anos húmidos. No que se refere à distribuição mensal da precipitação, toda a bacia é afectada por um período estival com quase total carência de chuva. Em média mais de 80% do total anual da precipitação ocorre no período Outubro-Abril.

A evapotranspiração potencial, ou de referência, total anual (calculada segundo a fórmula de *Thornthwaite*) situa-se entre os 800 e os 1000 mm/ano. Este dado conjugado com o valor de precipitação total anual, permite avaliar as características de aridez da região segundo um índice de humidade médio da bacia (P/ETP). Com um valor de cerca de 0,7, segundo a classificação de *Thornthwaite,* determina um regime de humidade do tipo semiárido -sub-húmido para a globalidade da bacia.

3.3.3 Acordos luso-espanhóis para a gestão de recursos hídricos

Tal como devidamente descrito no Capítulo 1[71], o principal acordo em vigor para a cooperação entre Portugal e Espanha para a gestão de recursos hídricos é materializado pela Convenção sobre a Cooperação para a Protecção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas, também conhecida como Convenção de Albufeira, que entrou em vigor em 2000 (Resolução da Assembleia da República nº 66/99). Essa convenção garante o estabelecimento de um caudal anual a ser cumprido integralmente à

[71] Ver ponto 1.5.1.

entrada da fronteira portuguesa, por parte de Espanha, no *Azud de Badajoz*, bem como um caudal mínimo de 2 m^3/s que deve ser garantido, nessa secção, e também na secção do Pomarão, imediatamente antes do trecho estuarino do rio Guadiana, comum a Portugal e Espanha (Figura 3.4). Refira-se que, neste último caso, esse volume deverá ser assegurado por Portugal, atendendo à regulação verificada com os empreendimentos de Alqueva e Pomarão[72].



Figura 3.4: Localização das secções de garantia dos volumes anuais e diários mínimos, das estações pluviométricas e das albufeiras de referência na bacia do Guadiana, no âmbito da Convenção de Albufeira (CADC, 2010)

Os volumes anuais a garantir pela parte espanhola, bem como as condições em que os mesmos se devem verificar, são definidos, a título provisório, pelo Protocolo Adicional à Convenção de Albufeira (Resolução da Assembleia da República nº 66/99), sendo reproduzidos na Tabela 3.5. Saliente-se que nas situações designadas de excepção, Espanha não é obrigada a cumprir um volume mínimo de afluências à parte portuguesa.

Tabela 3.5: Caudal integral anual a garantir na secção do *Azud de Badajoz* (hm^3/ano), no âmbito da Convenção de Albufeira, Anexo ao Protocolo Adicional (Resolução da Assembleia da República nº 66/99).

Volume total armazenado nas albufeiras de referência (hm^3) à data de 1 de Março	**Precipitação de referência acumulada desde o início do ano hidrológico (1 de Outubro) até 1 de Março**	
	Superior a 65% do valor médio da precipitação da referência acumulada	**Inferior a 65% do valor médio da precipitação de referência acumulada**
>4000	600	400
3150 a 4000	500	300
2650 a 3150	400	Excepção
< 2650	Excepção	Excepção

[72] Ver ponto 3.1.5.

Segundo o disposto nesse Anexo ao Protocolo Adicional da Convenção, e em consonância com a actualização efectuada pelo Segundo Anexo ao Protocolo Adicional, que entrou em vigor com o Protocolo de Revisão da Convenção (Resolução da Assembleia da República nº 62/2008 de 26 de Setembro), a precipitação de referência é determinada por ponderação dos pluviómetros *Talavera la Real- base aérea* (80%) e *Ciudad Real* (20%), sendo os valores médios de referência determinados a partir dos registos de 1945/46 a 2006/07, com actualizações de cinco em cinco anos. Por sua vez, as albufeiras de referência (e respectivas capacidades) são *La Serena* (3219 hm^3), *Zújar* (309 hm^3), *Cijara* (1505 hm^3), *García Sola* (554 hm^3), *Orellana* (808 hm^3) e *Alange* (852 hm^3).

No referido Protocolo de Revisão da Convenção, em concreto no Segundo Anexo ao Protocolo Adicional da Convenção (Resolução da Assembleia da República nº 62/2008 de 26 de Setembro), são também estipulados valores de caudais integrais a garantir trimestralmente, por Espanha, no *Azud de Badajoz* (detalhados na Tabela 3.6), a partir de 1 de Agosto de 2009. Importa notar que o volume total armazenado será avaliado, nas albufeiras de referência, ao dia 1 do 3º mês do trimestre, enquanto a percentagem de precipitação será calculada com base na precipitação acumulada durante seis meses até ao dia 1 do 3.º mês do trimestre, por comparação com a média da precipitação acumulada no mesmo período (precipitação de referência com base no histórico de registos).

Em relação ao cumprimento dos caudais integrais, é possível verificar, segundo dados oficiais da *Confederación Hidrográfica del Guadiana* (CHG, 2007) e da CADC – Comissão para a Aplicação e Desenvolvimento da Convenção (CADC, 2007a, 2007b, 2009, 2009a e 2010) que, desde 1998, apenas se verificou uma situação de descarga extraordinária na bacia do Guadiana, no ano hidrológico 2006/07, de cerca de 16 hm^3. Essa descarga teve lugar por não ter sido cumprido, no ano hidrológico anterior (2005/06), o limite mínimo estipulado de 600 hm^3 para o caudal integral na secção do *Azud de Badajoz*.

Por outro lado, no que toca às situações de excepção, é possível verificar que apenas no primeiro trimestre do ano hidrológico 2009/2010 (Outubro a Dezembro de 2009), foi oficialmente decretada a situação de excepção na bacia do Guadiana. Não obstante, no ano hidrológico de 2004/05, correspondente à mais recente situação de seca e reconhecida como uma das mais importantes verificadas até à actualidade, na Península Ibérica, (CHG, 2007; INAG, 2005), Espanha garantiu um caudal integral acima do limite mínimo estipulado pelos indicadores de referência.

Tabela 3.6: Caudais integrais trimestrais a garantir na secção do *Azud de Badajoz* (hm^3), no âmbito da Convenção de Albufeira, segundo Anexo ao Protocolo Adicional (Resolução da Assembleia da República nº 62/2008 de 26 de Setembro).

Volume total armazenado nas albufeiras de referência (hm^3) ao dia 1 do 3º mês do trimestre	**Precipitação superior a 65 % da referência**	**Precipitação inferior a 65 % da referência**
De 1 de Outubro a 31 de Dezembro		
>3700	63	42
Entre 2850 e 3700	53	32
Entre 2350 e 2850	42	Excepção
< 2350	Excepção	Excepção
De 1 de Janeiro a 31 de Março		
>4000	74	49
Entre 3150 e 4000	61	37
Entre 2650 e 3150	49	Excepção
< 2650	Excepção	Excepção
De 1 de Abril a 30 de Junho		
>3700	42	28
Entre 2850 e 3700	35	21
Entre 2350 e 2850	28	Excepção
< 2350	Excepção	Excepção
De 1 de Julho a 30 de Setembro		
>3400	32	21
Entre 2550 e 3400	26	16
Entre 2050 e 2550	21	Excepção
< 2050	Excepção	Excepção

3.3.4 Breve caracterização da parte Espanhola da bacia

3.3.4.1 Recursos hídricos superficiais e subterrâneos

No que toca aos recursos hídricos superficiais é possível verificar que a parte espanhola da bacia do Guadiana possui uma rede hidrográfica bem desenvolvida, constituída pelo rio Guadiana como curso de água principal e pelos seus principais afluentes (Figura 3.5), embora, a zona alta da bacia coincida com uma área de maior concentração de águas subterrâneas. Associada a uma topografia de reduzidas inclinações, nesta zona é favorecida a formação de zonas húmidas como as conhecidas *Tablas de Daimiel*.

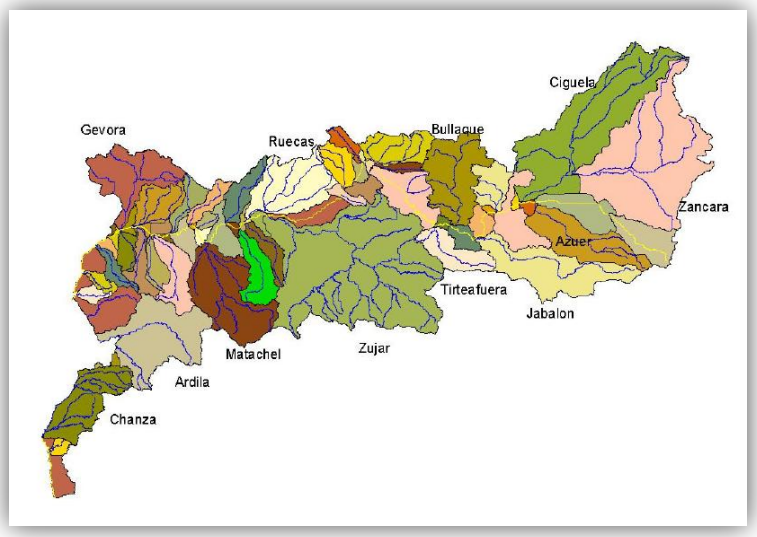


Figura 3.5: Mapa da rede hidrográfica da parte espanhola da bacia hidrográfica do rio Guadiana (CHG, 2007)

À semelhança da precipitação, também os recursos hídricos escoados superficialmente são caracterizados por uma marcada irregularidade temporal, tanto ao longo das diferentes épocas do ano, como entre anos hidrológicos sucessivos. A distribuição dos recursos superficiais naturais da parte espanhola da bacia hidrográfica do rio Guadiana é caracterizada na Figura 3.6. Os mesmos são resumidos na Tabela 3.7, em volume, para a parte espanhola de cada uma das três zonas da bacia (alta, média e baixa), caracterizadas anteriormente.

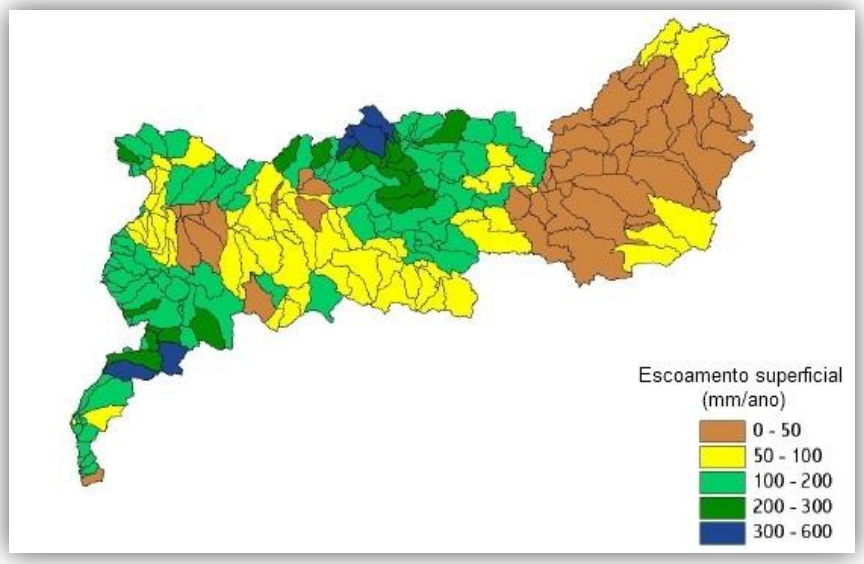


Figura 3.6: Escoamento superficial em regime natural - parte espanhola da bacia hidrográfica do rio Guadiana (CHG, 2007)

Tabela 3.7: Recursos superficiais em regime natural - parte espanhola da bacia hidrográfica do rio Guadiana (CHG, 2007)

Zona	Nº de sub-bacias	Área total (km²)	Precipitação média (mm/ano)	Escoamento (hm³/ano)
Alto Guadiana	70	24,417	510	1225
Guadiana Médio	185	34.252	590	4271
Baixo Guadiana	58	8.511	567	1367

Por sua vez, a variação, ao longo do ano, do escoamento em regime natural é apresentada, para a globalidade da bacia espanhola, segundo os valores médios, máximos e mínimos mensais (Tabela 3.8).

Tabela 3.8: Evolução, ao longo do ano, dos recursos naturais superficiais-parte espanhola da bacia hidrográfica do rio Guadiana (CHG, 2009)

	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Total
Média	131,1	299	713,7	931,9	1126,6	1026,3	791,9	607,1	305,6	130	51,5	32	6144
Máxima	1256,8	2296,5	5019,6	5963,2	4792,1	5664,3	2990,5	2500	951,1	429,9	156,3	126,2	15815
Mínima	1,5	1,3	6,2	6,4	6,9	14	7,5	5,1	5,8	3,7	1,3	0,5	119
Desv. pad.	269,7	474,4	1082	1370,8	1418,7	1277,4	742,1	526,4	242,6	103,6	40,5	25,9	4860
% var.	205,6	158,6	151,6	147,1	125,9	124,5	93,7	86,7	79,4	79.6	78,6	80,8	79

Por outro lado, na parte espanhola da bacia do Guadiana existem 11 unidades hidrogeológicas, de importância variável de acordo com os recursos disponíveis e com a exploração dos mesmos. A essas massas de água correspondem dois tipos fundamentais de sistemas aquíferos, permeáveis por fissuração ou carsificação (unidades 01, 02, 04, 05, 06 e 11) e permeáveis por porosidade intergranular (unidades 03, 07, 08, 09 e 10), que surgem devidamente identificados na Figura 3.7 e na Tabela 3.9.

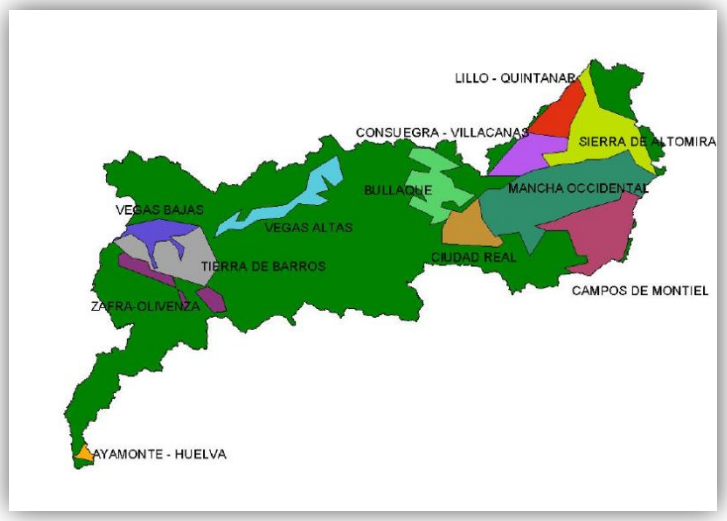


Figura 3.7: Principais unidades hidrogeológicas - parte espanhola da bacia hidrográfica do rio Guadiana (CHG, 2007)

Tabela 3.9: Recursos hídricos subterrâneos - parte espanhola da bacia hidrográfica do rio Guadiana (CHG, 2007)

Unidade hidrogeológica	Área (km^2)	Idade da formação rochosa	Infiltração, chuva e pontos de recarga (hm^3/ano)	Infiltração por excedentes de rega (hm^3/ano)	Transferência subterrânea de outras unidades (reg. natural) (hm^3/ano)	Transferência subterrânea para outras unidades (reg. natural) (hm^3/ano)	Captação de águas subterrâneas (hm^3/ano)
1-Sierra de Altomira	2951	Jur-Cret-Terciário	135	0	-	10	20
2-Lillo-Quintanar	1072	Terciário	26,6	-	-	-	12
3-Consuegra-Villacañas	1409	Câmb-Terc-Plio Q.	15	2,1	-	-	20,3
4-Mancha Occidental	5261	Mesoz-Terc-Plio Q.	260	-	60	-	360
5-Ciudad Real	1086	Terciário- Plio Q.	14	2,8	-	-	18
6-Campo de Montiel	2791	Jur-Cret- Plio Q.	126	-	-	40	35
7-Bullaque	1600	Neogeno- Plio Q.	17	-	-	-	5
8-Vegas Altas	1251	Quaternário	-	-	-	-	-
9-Vegas Bajas	844	Quaternário	-	-	-	-	-
10-Tierra de Barros	1879	Terciário- Plio Q.	-	-	-	-	-
11-Zafra-Olivenza	732	Câmbrico	57	-	-	-	11

Embora os recursos hídricos subterrâneos mais importantes sejam os sistemas aquíferos permeáveis por fissuração ou carsificação, a captação continuada de volumes excedendo os recursos renováveis anuais (recarga) levou já à sobreexploração de alguns desses sistemas aquíferos, como é o caso dos sistemas da *Mancha Occidental* e dos *Campos de Montiel*.

Por outro lado, os sistemas aquíferos permeáveis por porosidade que, na sua generalidade, se localizam em zonas de materiais terciário e plio-quaternário, ou quaternários, possuem uma importância secundária nos recursos disponíveis, já que, de uma forma geral, se verificam dificuldades na sua exploração, devido aos caudais reduzidos e a problemas de qualidade da água, em alguns casos, devido à forte utilização de produtos químicos pelo sector agrícola que contaminam as infiltrações de recarga dos sistemas aquíferos.

Por fim, verifica-se ainda a existência de zonas com aquíferos isolados ou mesmo sem qualquer tipo de capacidade de armazenamento significativo, nomeadamente na zona intermédia da bacia do Guadiana, cuja pobreza de recursos apenas permite a satisfação de reduzidas

utilizações pontuais. Nestas regiões os caudais de exploração são exíguos e as captações existentes, frequentemente, deixam de ter água nas épocas mais secas.

Verifica-se ainda a não existência de transferências de águas subterrâneas das unidades hidrogeológicas espanholas para as massas de água subterrâneas contíguas portuguesas, de acordo com INAG (2001b), uma vez que os sentidos de fluxo identificados para as massas de água portuguesas, apontam no sentido inverso (em direcção ao leito do rio Guadiana).

3.3.4.2 Principais utilizações e respectiva importância socioeconómica

Em termos demográficos, na parte espanhola da bacia localizam-se um pouco mais de 1.500.000 habitantes, cerca de 3,3% da população total de Espanha, enquanto a área dessa região totaliza cerca de 10,6% de toda a sua extensão territorial. Verifica-se, assim, tratar-se de uma zona com uma baixa densidade populacional. A região com maior densidade populacional é a província de *Badajoz*, com uma média de 33 habitantes por km^2, ainda assim bastante abaixo da média nacional de Espanha, de cerca de 85 hab/km^2 (dados de 2005) (INES, 2010).

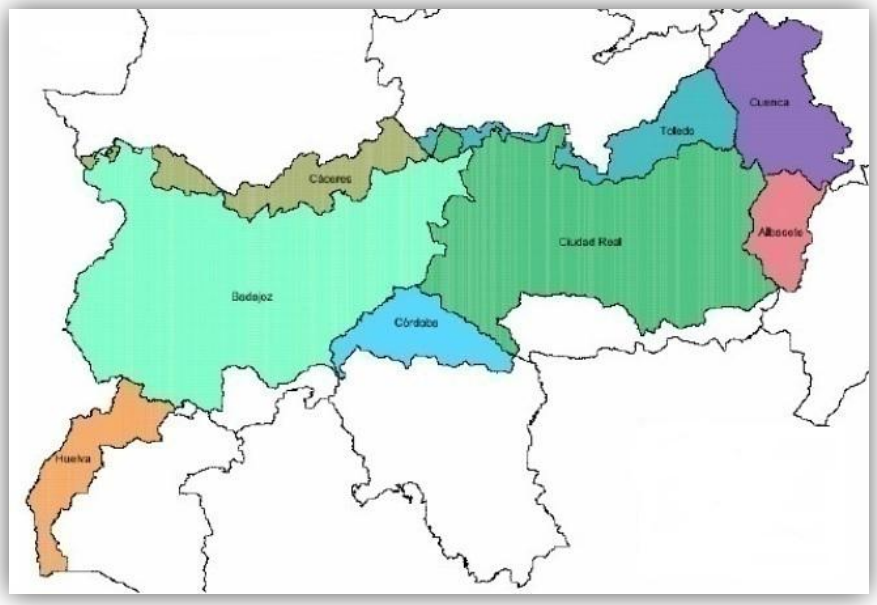


Figura 3.8: Subdivisão em províncias da parte espanhola da bacia hidrográfica do Guadiana (CHG, 2007)

A razão para uma densidade populacional tão baixa deve-se a um forte êxodo rural verificado na década de 70, que originou uma importante deslocalização da população. Além disso, no que toca aos aglomerados populacionais, apenas um município supera os 100.000 habitantes (*Badajoz*), verificando-se que cerca de 93% dos municípios têm menos de 10.000 habitantes. Como tal, pode considerar-se que o grau de urbanização é muito baixo, estando a população concentrada em núcleos rurais ou semiurbanos. A tendência de evolução do número de habitantes, atendendo ao passado imediato, é ligeiramente regressiva com tendência à

estabilização, verificando-se ainda um reagrupamento nos centros urbanos mais importantes, em especial de *Badajoz* e *Ciudad Real*.

Não obstante, ao nível de alguns núcleos rurais, verifica-se a manutenção da população e, até, algum crescimento devido à actividade agrária, que se desenvolve, fundamentalmente, com base em culturas de regadio. Este facto aparece claramente destacado na zona intermédia da bacia, demonstrando o aspecto estruturante do regadio no ordenamento do território espanhol. Por outro lado, a população flutuante é pouco significativa, correspondendo essencialmente ao regresso, em tempo de férias, de emigrantes, em especial nos meios rurais mais pequenos, sendo compensado pela deslocação de população residente para zonas costeiras.

A acção combinada da natureza física e biológica das rochas existentes, originaram uma grande variedade de tipos de solo, que tiveram influência, juntamente com as condições climáticas, na ocupação do solo, representada, na Figura 3.9. A ocupação do solo mais tradicional corresponde às pastagens, tendo vindo a ser cultivados cereais de Inverno nas zonas onde a topografia e a profundidade do solo o permite. As zonas de mato e espécies florestais estão especialmente concentradas nas regiões mais acidentadas. Nos terrenos mais aptos, por sua vez, foram sendo criadas zonas de culturas lenhosas, representadas, fundamentalmente, por vinha e olival. Na última metade do século XX foram surgindo, de forma significativa, as culturas de regadio, em grande parte fruto do investimento de iniciativa pública (*Plan de Badajoz*, na zona da *Extremadura* e similar, mas de menor dimensão, na zona de *La Mancha*), mas também por iniciativa privada, beneficiando de alguns subsídios do Estado.

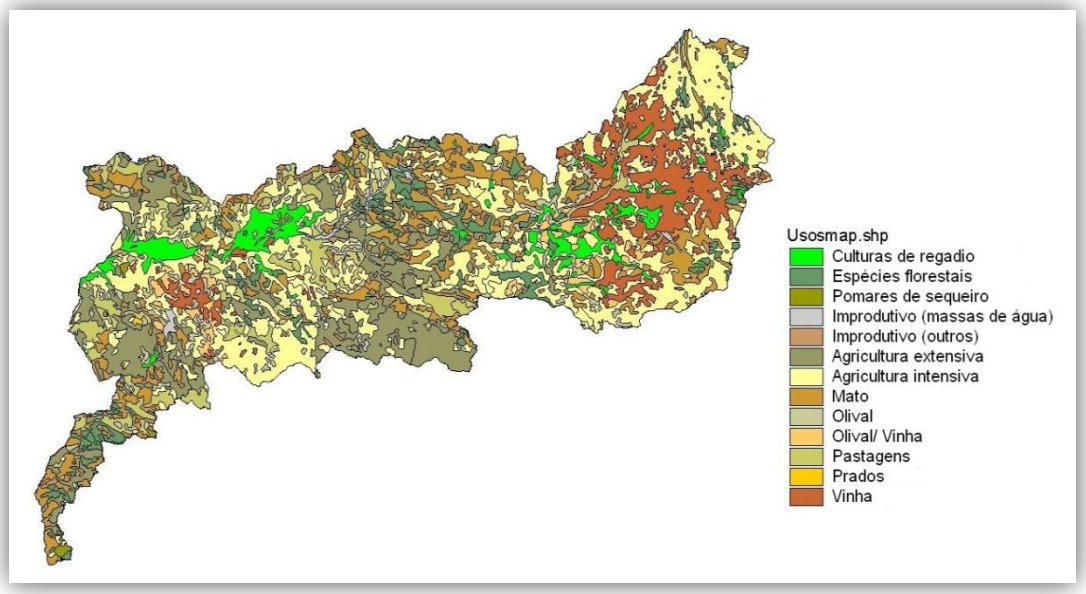


Figura 3.9: Mapa de usos do solo - parte espanhola da bacia do Guadiana (CHG, 2007)

Considerando as utilizações existentes à data de elaboração do *Plan Especial de Sequia de la Cuenca del Guadiana* (CHG, 2007) e também as expectáveis num futuro próximo (6 anos),

as principais utilizações existentes na parte espanhola da bacia do Guadiana surgem quantificadas na Tabela 3.10.

É possível confirmar que a utilização mais importante da parte espanhola da bacia do Guadiana é o uso para fins agrícolas, totalizando cerca de 90% das utilizações globais, enquanto o abastecimento urbano é a segunda utilização mais importante, com cerca de 7,4% do volume total de utilizações e, o restante (2,6%) corresponde à utilização para fins industriais. Além disso, cerca de 8% das utilizações totais dependentes dos recursos hídricos da bacia do Guadiana estão localizadas fora da bacia, facto que também explica o maior número de habitantes servidos pelo abastecimento urbano, face ao indicado anteriormente (cerca de 1.500.000 hab).

Tabela 3.10: Principais utilizações existentes - parte espanhola (CHG, 2007)

Tipo de utilização	População permanente (hab)	Área regada (ha)	Dotação	Consumos (hm^3/ano)
Abastecimento urbano	1.552.895	-	273,8 l/hab/dia	155,2
Uso agrícola	-	407.796	6.360 m^3/ha.ano	2.121
Uso industrial	-	-	-	60,8
Total	-	-	-	2.356,6

A reduzida densidade populacional da bacia do Guadiana, o fraco desenvolvimento industrial e, ainda, as características climáticas da região, contribui para que a rega constituísse a principal utilização da parte espanhola da bacia do Guadiana. A área potencialmente regável é avaliada em cerca de 407.796 ha, dos quais 178.713 ha (44%) utilizam recursos subterrâneos, sendo a área restante regada a partir de origens superficiais. Importa distinguir que, destas últimas, 153.564 ha (37% do total) correspondem a regadios de iniciativa estatal e os restantes 75.519 ha (19% do total) a regadios de iniciativa privada. Na Figura 3.10 é indicada uma localização estimativa, por detecção remota, das áreas regadas na parte espanhola da bacia, verificando-se uma maior concentração na região intermédia da bacia, em especial nas áreas próximas do rio Guadiana.

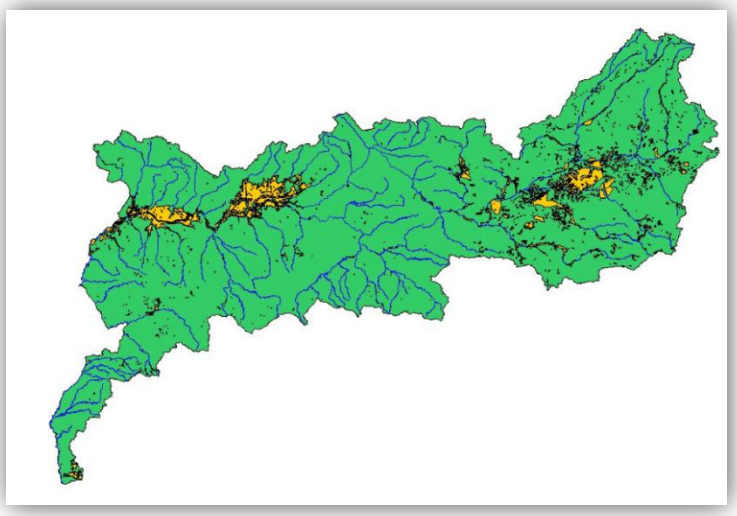


Figura 3.10: Mapa da localização aproximada, por métodos de detecção remota, das principais áreas regadas na parte espanhola da bacia do Guadiana (CHG, 2007).

Como já referido, a actividade industrial no seio da parte espanhola da bacia do Guadiana não apresenta grande significado no que se refere ao consumo de água. A maior parte das unidades industriais existentes estão inseridas no sector agro-alimentar e, salvo algumas excepções, estão maioritariamente associadas às redes de abastecimento urbano, sendo as suas utilizações quantificadas em conjunto com aquele sector. Não obstante, existem ainda algumas indústrias com captações próprias, a partir de origens de água subterrâneas ou a partir de captações superficiais em rio ou em canais de rega de maiores dimensões.

Em termos de utilizações de recursos hídricos, importa ainda referir o escasso aproveitamento hidroeléctrico da parte espanhola da bacia do Guadiana devido à inexistência de valores elevados de caudais afluentes e da reduzida pendente das suas principais linhas de água. Por essa razão os principais aproveitamentos hidroeléctricos existentes estão integrados em empreendimentos, de iniciativa estatal, construídos para outras finalidades, sendo a produção de energia um subproduto da exploração dos mesmos e, como tal, condicionada às condições necessárias à correcta exploração dos fins principais.

No que toca ao uso para fins recreativos, existem cerca de oito campos na parte espanhola da bacia do Guadiana (dispersos pelas províncias de *Albacete, Ciudad Real, Cáceres, Badajoz* e *Huelva*), não sendo, todavia, conhecida uma estimativa dos consumos associados para a manutenção das infra-estruturas e para a rega dos campos relvados.

Relativamente à componente socioeconómica, o abastecimento urbano acaba por ser um sector importante, não tanto pelo volume que representa, face às demais utilizações da água, mas pela importância social associada. Por outro lado, o sector agrícola no seu conjunto (agricultura, pecuária, caça, silvicultura e pesca) é o responsável pela geração de cerca de 81.000 empregos e de 1.779 M€ do VAB da parte espanhola da bacia do Guadiana. Tendo uma produtividade de cerca de 21.790 euros por posto de trabalho, mais elevado que a média espanhola para o sector agrícola, representa uma área importante para a rentabilidade do sector a nível nacional. De referir ainda que a área mais lucrativa surge especialmente concentrada a oeste de *Badajoz*. A indústria transformadora, possui também uma importância considerável na região, em termos económicos, uma vez que conduz à geração de mais de 58.000 postos de trabalho e cerca de 1.557 M€ do VAB da região. Porém, no tecido produtivo espanhol deste sector, estes valores acabam por ser de pequena expressão, representando apenas 1,63% do emprego e 1,99% do VAB de toda a indústria transformadora espanhola.

3.3.4.3 Sistemas de exploração de recursos hídricos e zonas homogéneas de utilizações

Na parte espanhola da bacia do Guadiana existem cerca de 63 albufeiras de exploração estatal totalizando, no seu conjunto, mais de 9.500 hm^3 de capacidade. Os empreendimentos são, na sua larga maioria, de fins múltiplos (abastecimento público e rega), à excepção de 17 albufeiras com destino apenas a abastecimento público (sob responsabilidade e exploração da *Confederación Hidrográfica del Guadiana*, *Junta de Extremadura* ou de municípios).

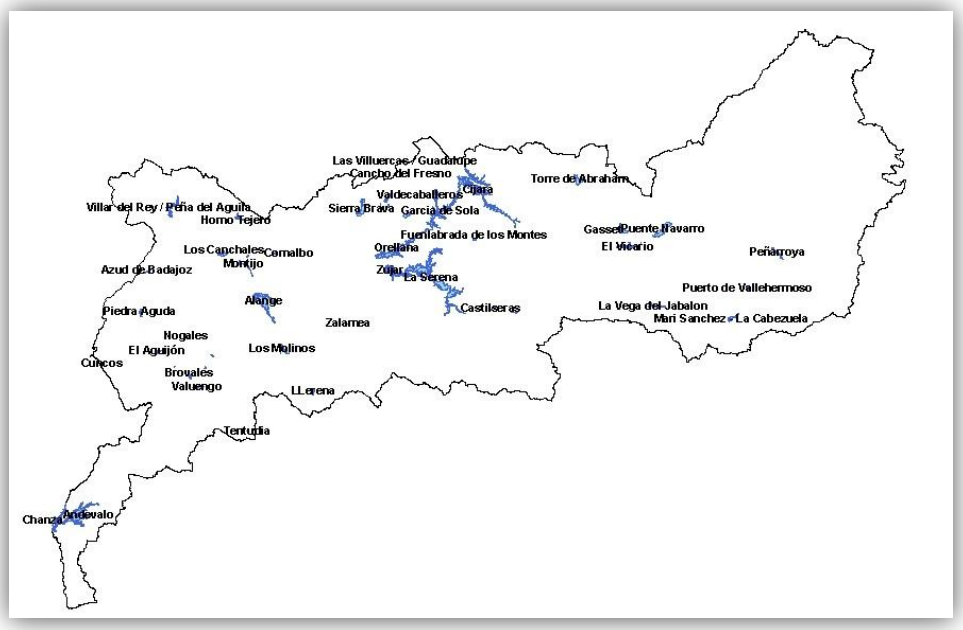


Figura 3.11: Principais albufeiras da parte espanhola da bacia do Guadiana (SAI, 2008)

Tal como descrito no Capítulo 2[73], atendendo às características da infra-estrutura existente, às unidades hidrogeológicas descritas (Tabela 3.9 e Figura 3.7), ao transvase entre zonas e subzonas e ainda à localização das principais utilizações, foram definidos os seguintes sistemas de exploração (Figura 3.12), no *Plan Hidrológico del Guadiana* (CHG, 1998):

Sistema 1 – *Mancha Occidental*: compreende a área da bacia a montante da albufeira de *Vicario* e inclui total ou parcialmente as unidades hidrogeológicas de *Sierra de Altomira*, *Lillo-Quintanar*, *Consuegra-Villacañas*, *Mancha Occidental*, *Ciudad Real* e *Campo de Montiel*.

Sistema 2 – *Guadiana Central*: compreende a área da bacia do Guadiana entre a secção da barragem de *Vicario* e a secção da confluência do rio *Valdehornos* (incluindo a bacia hidrográfica deste afluente) e inclui, totalmente, a unidade hidrogeológica de *Bullaque* e parcialmente as unidades de *Ciudad Real*, *Campo de Montiel*.

Sistema 3 – *Sistema general*: compreende a bacia do rio Guadiana situada em território espanhol desde a confluência do rio *Valdehornos*, à confluência do rio *Táligas* (*inclusive*), e são integradas neste sistema as unidades hidrogeológicas de *Vegas Altas*, *Vegas Bajas*, *Tierra de Barros* e *Zafra-Olivenza*.

Sistema 4 – *Suroccidental de la província de Badajoz y Noroeste de Huelva*: compreende a região, em território espanhol, desde a confluência do rio *Táliga* até à bacia do *Chanza* (*exclusive*).

Sistema 5: compreende a bacia do Guadiana, em território espanhol, desde a bacia do *Chanza* (*inclusive*), até à foz do rio Guadiana, na localidade de *Ayamonte*.

[73] Ver ponto 2.2.4.



Figura 3.12: Sistemas de exploração da parte espanhola da bacia do Guadiana (CHG, 2007)

Para melhor caracterizar os efeitos de seca, foi ainda efectuada uma subdivisão desses sistemas em zonas homogéneas (Figura 3.13), de acordo com o tipo de origem de água e considerando a localização física das utilizações. A definição das 22 zonas homogéneas pretende facilitar a gestão dos recursos hídricos de acordo com a importância das utilizações (CHG, 2007).

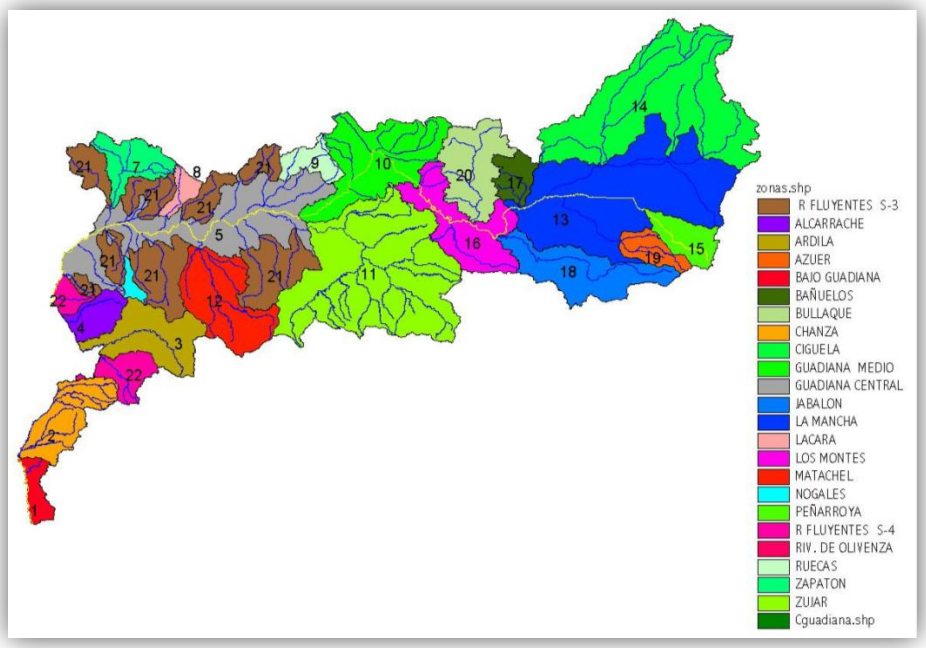


Figura 3.13: Zonas homogéneas na parte espanhola da bacia do Guadiana (CHG, 2007)

A Tabela 3.11 resume os valores globais dos recursos hídricos superficiais (anuais), por sistema de exploração, para 2007, e para o futuro previsível a 6 anos (2013) (CHG, 2007).

Tabela 3.11: Estimativa de recursos hídricos regulados anuais, por sistema, para a actualidade e previsão futura, na parte espanhola da bacia hidrográfica do Guadiana (CHG, 2007)

Sistema de exploração	Estimativa 2007 (hm^3/ano)	Previsão futura (2013) (hm^3/ano)
Sistema I	327	327
Sistema II	116	116
Sistema III e IV	1117	1301
Sistema V	230	270

3.3.5 Breve caracterização da parte Portuguesa da bacia

3.3.5.1 Características gerais

A bacia hidrográfica do Guadiana possui uma área total em território português de 11.613 km^2 e uma população residente estimada em 257.209 habitantes (INAG, 2001).

A área abrangida pela bacia hidrográfica do Guadiana caracteriza-se por um fraco dinamismo demográfico, traduzido numa perda progressiva e generalizada de população ao longo dos últimos anos, com destaque para os concelhos de Mértola e de Alcoutim. Algumas zonas, com características específicas, originam um padrão de maior dinamismo e desenvolvimento, designadamente as zonas onde se concentram as indústrias extractivas, designadamente de mármores (concelhos de Estremoz, Vila Viçosa, etc.) e mineira (concelho de Castro Verde), bem como os concelhos fronteiriços (Elvas, Campo Maior e Vila Real de Santo António) e as sedes de distritos (Évora, Portalegre e Beja). Recentemente, as margens de Alqueva estão a suscitar o interesse do sector turístico, facto que poderá potenciar efeitos positivos a nível demográfico.

Em Portugal esta RH engloba 32 Concelhos, sendo que 10 estão totalmente integrados nessa área e 22 apenas estão parcialmente abrangidos.

Os concelhos totalmente abrangidos são: Alandroal, Alcoutim, Aljustrel, Barrancos, Campo Maior, Mértola, Moura, Mourão, Reguengos de Monsaraz, Serpa e Vila Viçosa. Os concelhos parcialmente abrangidos são: Almodôvar, Arraiolos, Arronches, Beja, Borba, Castro Marim, Castro Verde, Cuba, Elvas, Estremoz, Évora, Loulé, Monforte, Ourique, Portalegre, Portel, Redondo, S. Brás de Alportel, Tavira, Vidigueira e Vila Real Santo António (Figura 3.14).

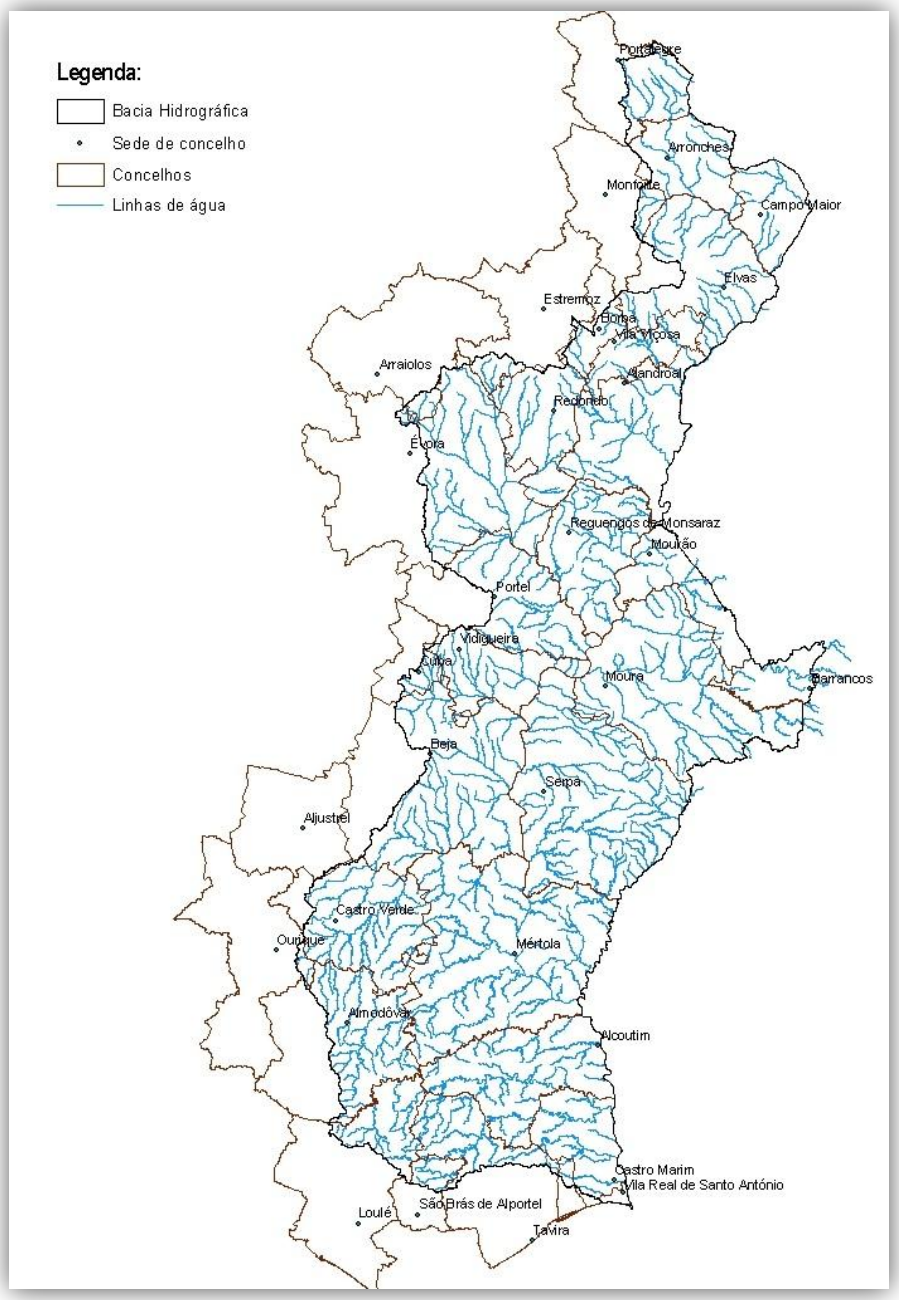


Figura 3.14: Representação da área portuguesa da bacia hidrográfica do Guadiana e dos principais concelhos englobados nessa área (SNIRH, 2010a).

Por outro lado, no que toca aos principais ecossistemas, o património natural identificado na área da bacia hidrográfica do rio Guadiana pode ser considerado muito rico e com um elevado valor conservacionista, tanto ao nível dos *habitats*, como ao nível das espécies da flora e da fauna presentes. Entre estas há que destacar os carvalhais mediterrânicos de folhas rígidas e persistentes, o sobreiro (*Quercus suber*) e a azinheira (*Quercus rotundifoliae*). Os povoamentos destas espécies constituíam a floresta primitiva da maior parte da área compreendida entre o Tejo e o Algarve. No entanto, a esmagadora maioria dos actuais povoamentos de sobreiro e azinheira, resultantes da exploração antropogénica destas espécies autóctones, são já significativamente diferentes da floresta primitiva.

As galerias ripícolas mais interessantes e ricas do ponto de vista faunístico localizam-se nos troços lóticos dos vales encaixados, com uma vegetação ripícola e matos bem desenvolvidos. Encontram-se, neste caso, alguns troços das ribeiras da Asseca, do Maruto, do Lucefecit, do Azevel, de Alcarrache, de Odeleite, de Foupana, do Beliche, dos rios Degebe e Ardila e do próprio Guadiana, nomeadamente entre o Pomarão e a ribeira de Odeleite.

No baixo Guadiana existem duas zonas húmidas com grande valor conservacionista: a extensão Mértola – Foz do rio Vascão e o Sapal de Castro Marim e Vila Real de Santo António.

O valor patrimonial da comunidade piscícola autóctone da bacia do Guadiana é considerado especialmente relevante, em termos comparativos no conjunto das bacias nacionais. Entre os diversos elementos que a compõem, destaca-se a família dos ciprinídeos, que inclui cerca de um terço das espécies presentes, 90% das quais corresponde a endemismos ibéricos, ou até de regiões geográficas mais restritas. De facto, a bacia hidrográfica do Guadiana constitui o último reduto do saramugo, um endemismo ibérico considerado "Em perigo".

As áreas mais sensíveis encontram-se, assim, no vale do rio Guadiana e em troços de alguns dos seus afluentes, como sejam, as ribeiras de Álamo, do Enxoé, da Cardeira, de Cobres, de Oeiras, de Carreiras e do Vascão, sendo o seu valor conservacionista devido à presença de espécies tipicamente associadas às linhas de água.

Pela importância associada torna-se, assim, especialmente relevante a prevenção e gestão do risco na preservação dos recursos hídricos em zonas húmidas, não só em situações de seca, mas especialmente em situações de escassez (afectação de longo prazo).

3.3.5.2 Recursos hídricos superficiais

A rede hidrográfica pode classificar-se como muito densa, com as vertentes dos cursos de água, regra geral, de formas rectilínea ou complexa (rectilínea/convexa ou convexa/côncava) e os vales encaixados. O rio Guadiana é o colector principal dos cursos de água do Alentejo Oriental, do território espanhol contíguo e dos cursos de água da vertente NE da Serra do Caldeirão. Na Figura 3.15 surgem representadas as sub-bacias hidrográficas dos principais afluentes do rio Guadiana, na parte portuguesa da bacia.

Por sua vez, o escoamento médio anual, em regime natural, gerado na totalidade da bacia do Guadiana ronda os 6700 hm^3, dos quais 1820 hm^3 são provenientes da parte nacional (157 mm) e cerca de 4900 hm^3 (89 mmm) da parte espanhola. As utilizações de água em Espanha e Portugal reduziram, todavia, estes valores. Estima-se que a contribuição actual da totalidade da parte espanhola da bacia seja, em média, próximo dos 2100 hm^3/ano, correspondendo a um escoamento de cerca de 1900 hm^3/ ano na secção de Badajoz (à entrada do troço internacional de montante).

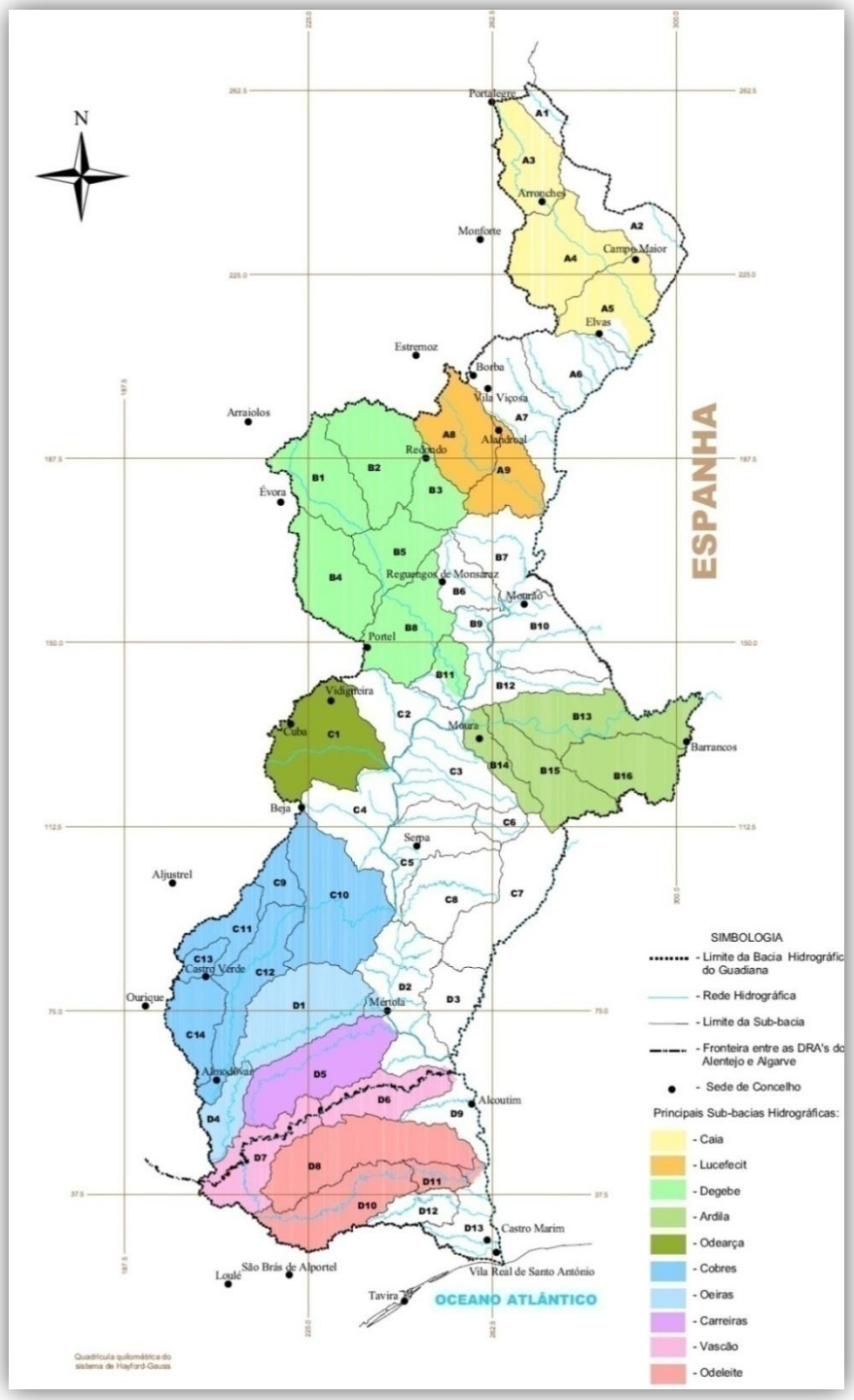


Figura 3.15: Representação das sub-bacias hidrográficas dos principais afluentes do rio Guadiana na parte portuguesa da bacia (INAG, 2001).

No que toca à distribuição temporal, tal como se pode comprovar pela análise da Figura 3.16, o escoamento superficial é distribuído de forma irregular ao longo do ano, ocorrendo cerca de 80% do escoamento anual no semestre húmido e apenas 20% no semestre seco, quando se verificam, frequentemente, períodos de vários meses com caudais nulos (em especial Julho, Agosto e Setembro).

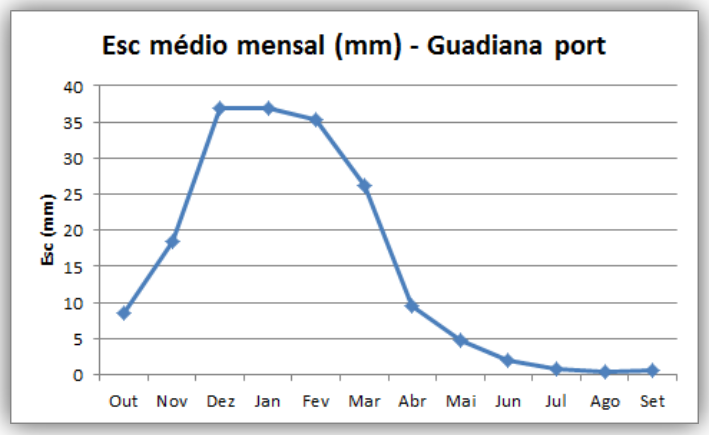


Figura 3.16: Escoamento superficial médio mensal, em regime natural, gerado na parte portuguesa da bacia hidrográfica do rio Guadiana (adaptado de INAG, 2000).

Na Figura 3.17 é apresentada, de forma esquemática, a contribuição dos principais afluentes (da parte portuguesa e espanhola) para o escoamento total, em regime natural, da parte Portuguesa da bacia do Guadiana. A figura permite, ainda, constatar a variabilidade espacial do escoamento verificado na bacia do Guadiana.

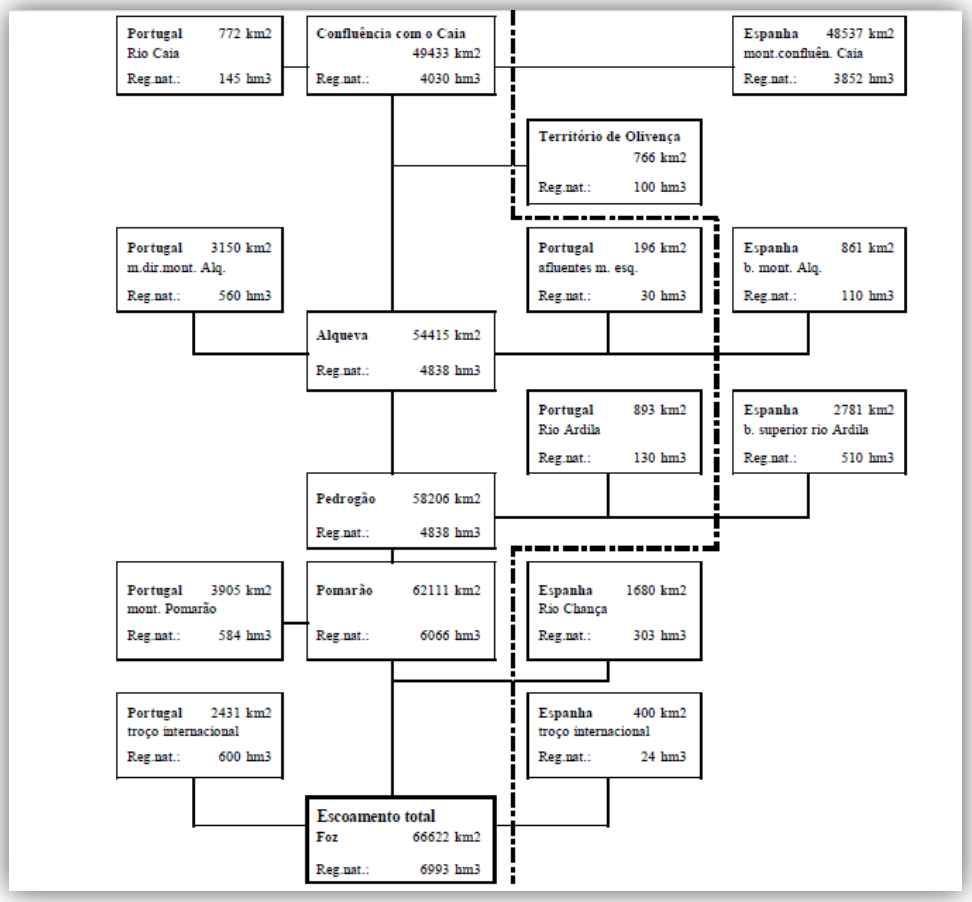


Figura 3.17: Representação esquemática das afluências em regime natural dos principais afluentes do rio Guadiana (parte portuguesa e espanhola) (INAG, 2000)

Ainda em relação à distribuição espacial dos recursos hídricos superficiais, na Figura 3.18 surge representado, em termos médios, o escoamento anual em regime natural (em mm), verificando-se que a parte portuguesa da bacia é relativamente homogénea, com um nível entre os 100 e os 150mm. As excepções correspondem à zona mais a Norte da bacia, próxima da região de Portalegre e mais a Sul, na Serra Algarvia, com valores consideravelmente mais elevados (cerca de 500mm).

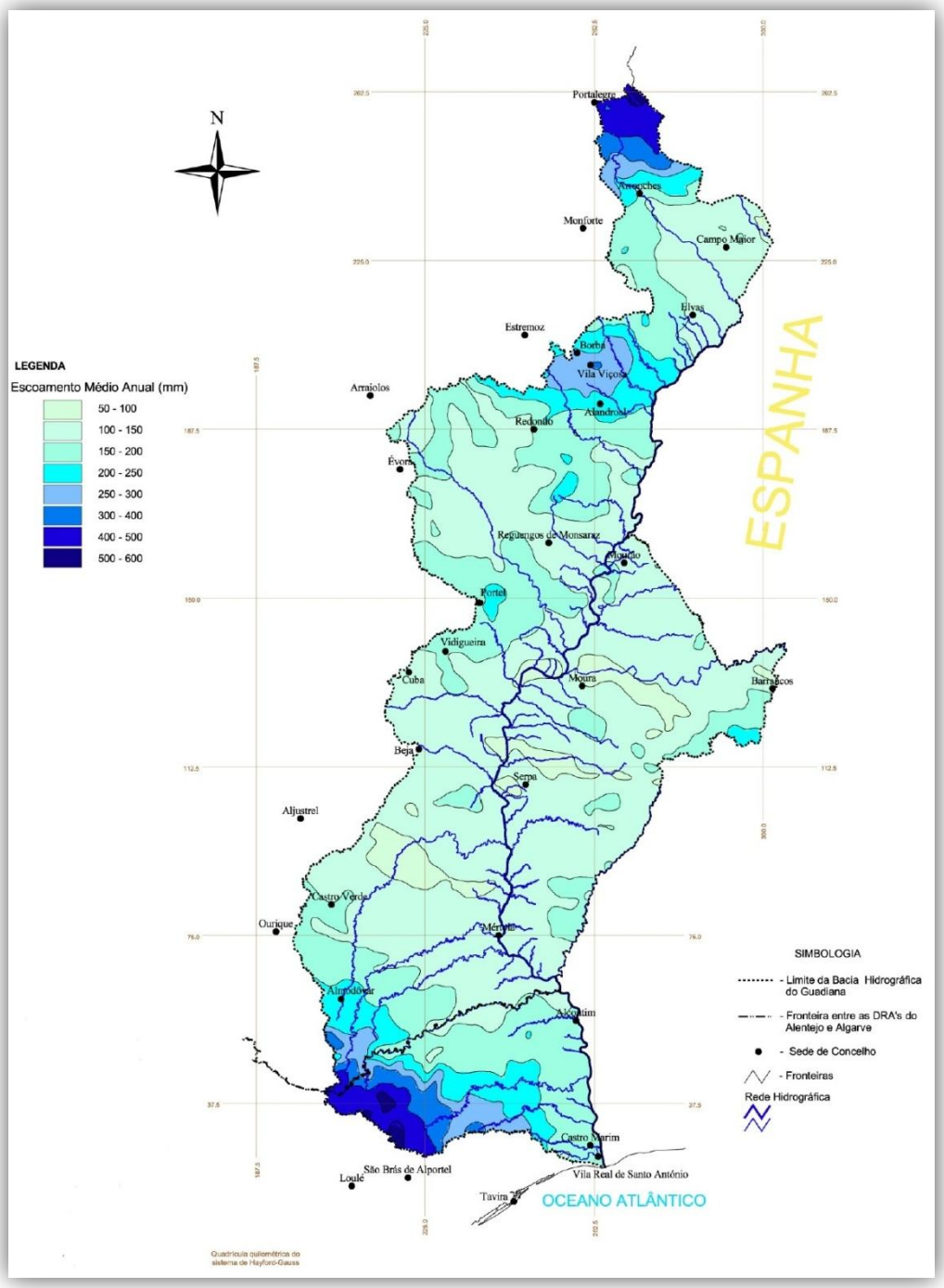


Figura 3.18: Escoamento médio anual em regime natural para a parte portuguesa da bacia do Guadiana (INAG, 2001)

Uma vez que o regime dos escoamentos, como referido anteriormente (Figura 3.16), é extraordinariamente irregular, considera-se praticamente inviável a exploração de empreendimentos a fio de água, uma vez que dificilmente poderia ser garantida a exploração durante os meses de estiagem. Por esse motivo, o armazenamento de águas superficiais (barragens) representa a ocupações do domínio hídrico com maior significado na bacia do Guadiana. De facto, considerando as barragens de média e grande dimensão existentes em toda a bacia (parte Portuguesa e Espanhola), o volume total de armazenamento é de cerca de 9500 hm^3, sendo que a barragem do Alqueva, com uma capacidade total de 4150 hm^3, apresenta a maior capacidade, seguida da barragem de *La Serena,* em Espanha, com 3230 hm^3 (CHG, 2007).

Em relação à parte portuguesa, dados actualizados relativos ao licenciamento deste tipo de infra-estruturas, disponibilizados pela ARH-Alentejo[74] (ARH – Alentejo, 2010), permitiram concluir a existência de mais de 300 barragens ou açudes de pequena dimensão, representando uma capacidade total de apenas 11 hm^3, contrastando com as 9 albufeiras públicas, de maior dimensão (incluindo Alqueva e Pedrógão) que perfazem um total de 4648 hm^3 (Tabela 3.12):

Tabela 3.12: Principais características das barragens de maior dimensão existentes na parte Portuguesa da bacia do Guadiana (cap. de arm. > 10hm^3) (INAG, 2001)

Nome	Local	Coroamento		Altura máxima (m)	NPA (m)	Capac. total (hm^3)	Finalidade
		Comp. (m)	Cota (m)				
Caia	Monte Eira/ Campo Maior	949	235.5	52.0	233.5	203	Fins múltiplos
Lucefecit	Alandroal	285	185.0	23.0	182.0	10.23	Rega
Vigia	Redondo	300	226.2	30.0	224.0	16.73	Fins múltiplos
Monte Novo	Herdade do Monte Novo	160	199.0	30.0	196.0	15.3	Abastecimento Urbano
Alqueva	Alqueva	458	154.0	96.0	152.0	4150	Fins múltiplos
Pedrógão	23 km jusante Alqueva	472	84.8	39.0	85.0	65	Fins múltiplos (Contra-emb Alqueva)
Enxoé	Lagares de Alpendres	415	179.0	27.3	175.0	10.4	Abastecimento Urbano
Odeleite	Odeleite	347.5	55.0	65.0	52.0	130	Fins múltiplos
Beliche	Beliche	527	54.0	54.0	52.0	48	Fins múltiplos

Das barragens referidas, apenas as albufeiras do Monte Novo e do Enxoé se destinam única e exclusivamente ao abastecimento urbano. Por outro lado, a albufeira do Lucefecit destina-se apenas ao fornecimento de água para rega. Os restantes aproveitamentos hidráulicos são de fins múltiplos, maioritariamente conjugando utilizações para abastecimento urbano e a rega de perímetros colectivos de iniciativa pública. No empreendimento de fins múltiplos de Alqueva verifica-se, ainda, a produção de energia eléctrica (EDIA, 2005).

Importa ainda referir que, dos empreendimentos descritos, o sistema de Alqueva-Pedrógão permite assegurar uma importante transferência de volumes de água para a bacia do

[74] No âmbito do desenvolvimento do Projecto SPGS.

Sado, para fins agrícolas e para o abastecimento urbano. Mais a sul, os aproveitamentos de Odeleite e Beliche, interligados por um túnel, são, conjuntamente, uma origem de água bastante importante para consumos na região hidrográfica das Ribeiras do Algarve, quer para o perímetro de rega do Sotavento Algarvio, quer para o abastecimento urbano dessa região.

3.3.5.3 Recursos hídricos subterrâneos

Praticamente toda a área da parte Portuguesa da bacia do Guadiana pertence à unidade hidrogeológica do Maciço Antigo, à excepção de uma pequena área na zona algarvia da bacia, que pertence à unidade hidrogeológica da Orla Meridional (SNIRH, 2010a) (Figura 3.19).

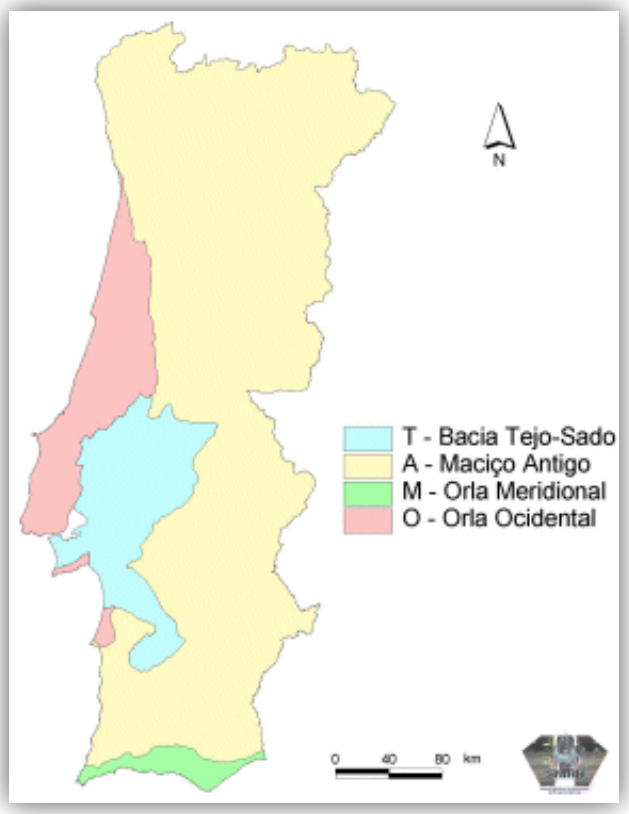


Figura 3.19: Mapa de distribuição das unidades hidrogeológicas de Portugal Continental (SNIRH, 2010a).

Não obstante, na Figura 3.20 é avaliada a aptidão hidrogeológica da parte portuguesa da bacia do Guadiana, sendo de destacar os valores reduzidos de produtividade, em especial a Sul de Serpa, bem como algumas zonas de produtividade mais elevada (> 6 l/s), nomeadamente em meios cársicos (INAG, 2001).

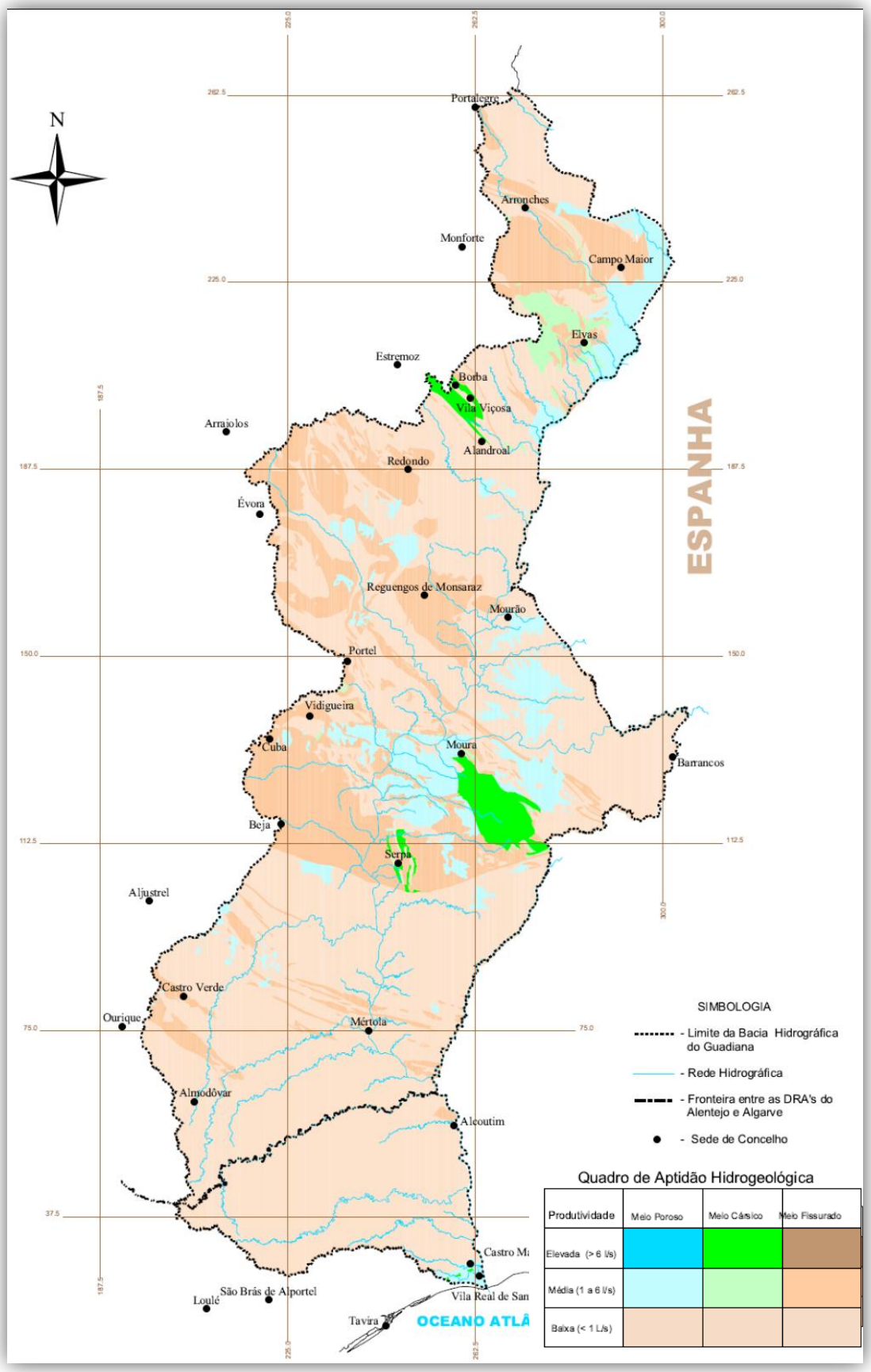


Figura 3.20: Aptidão hidrogeológica da bacia do Guadiana - parte portuguesa (INAG, 2001)

Dessas zonas de maior aptidão hidrogeológica (produtividade média a elevada) podem ser identificados os principais sistemas aquíferos desta bacia, que são brevemente caracterizados na Tabela 3.13 e representados na Figura 3.21, sendo de realçar o carácter disperso e limitado deste tipo de formações, face à área da bacia (INAG, 2001).

Tabela 3.13: Características dos principais sistemas aquíferos da parte portuguesa da bacia do Guadiana (SNIRH, 2010a).

Sistema aquífero	Área (km²)	Recarga média (hm³/ ano)
Elvas – Campo Maior	176	9 - 15
Elvas – Vila Boim	113	16,9
Estremoz – Cano	202	34
Moura – Ficalho	185,8	11
Gabros de Beja	387	9

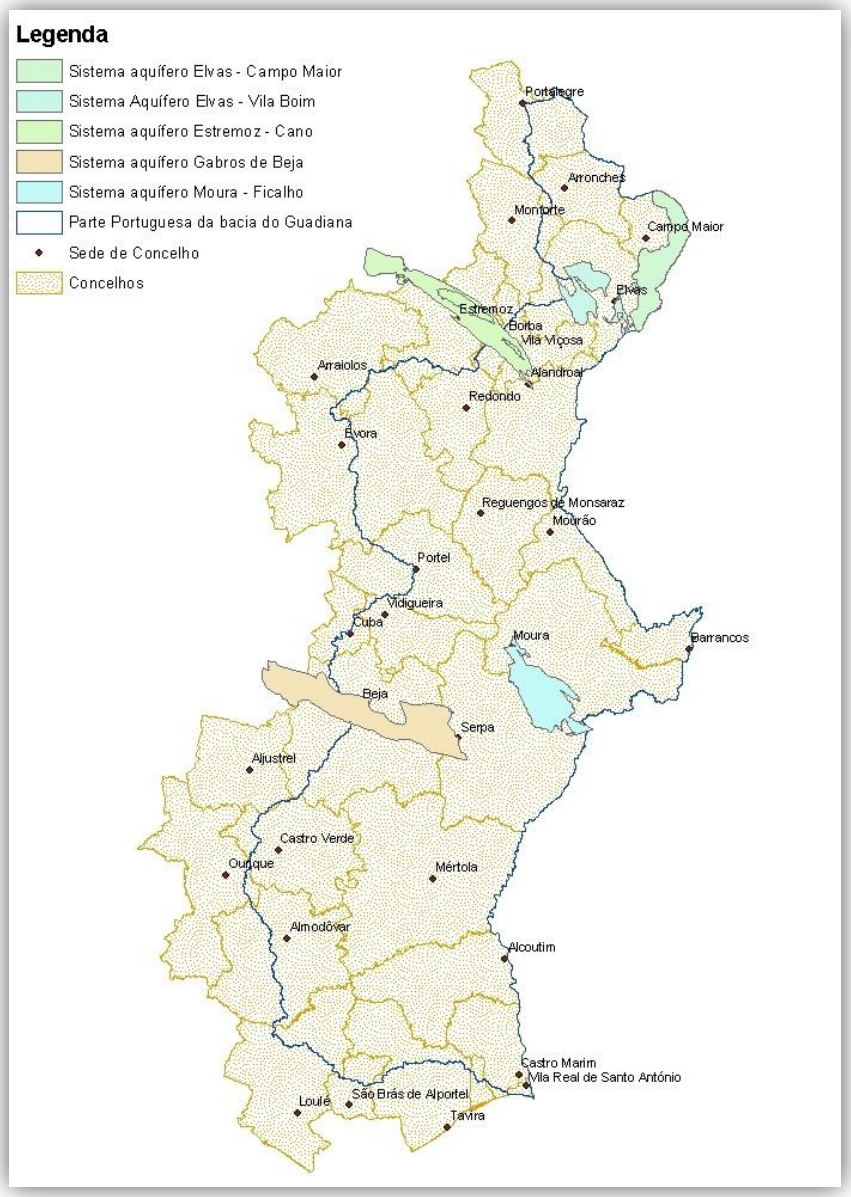


Figura 3.21: Principais aquíferos na parte portuguesa do Guadiana (SNIRH, 2010)

Refira-se, ainda, que a área do Maciço Antigo, não integrante desses sistemas aquíferos é designada por área indiferenciada ou Maciço Antigo Indiferenciado (MAI).

Os recursos subterrâneos são origens de água significativas para o abastecimento urbano, em especial nos aglomerados mais pequenos, mas, principalmente, para algumas áreas de regadio privado. Segundo o inventário de captações subterrâneas referido no PBHG (INAG, 2001), contava-se a existência de cerca de 1200 infra-estruturas deste tipo para regadios individuais, de iniciativa privada. Ainda assim, nesse mesmo inventário, é considerado existir um elevado número de captações privadas não legalizadas, pelo que o número real de captações subterrâneas poderá ser muito superior a esse valor. Actualmente, porém, ainda não existe uma quantificação exacta do número total de captações, ou dos volumes extraídos, o que dificulta a avaliação dos recursos hídricos subterrâneos (INAG & ARH-Alentejo, 2009).

3.3.5.4 Empreendimento de fins múltiplos de Alqueva

Com o pleno funcionamento do Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva (EFMA) é expectável uma mudança muito significativa na região do Alentejo, potenciando o desenvolvimento da mesma, quer do ponto de vista social, quer económico, a partir do aproveitamento da água armazenada pelas albufeiras de Alqueva e Pedrógão e do conjunto das suas infra-estruturas hidráulicas. Como tal, são assumidos como principais objectivos de gestão deste empreendimento, a garantia de quantidade e qualidade da água adequadas aos usos associados – rega, produção de energia eléctrica, abastecimento urbano e, ainda, conservação da natureza e utilização recreativa (EDIA, 2005).

Tal como representado na Figura 3.22, a barragem de Alqueva é a principal infra-estrutura do empreendimento, localizada no leito do rio Guadiana, da qual resulta o maior lago artificial da Europa, a que corresponde uma área de cerca de 250 km^2, com uma capacidade total de 4150 hm^3 e um nível de pleno armazenamento à cota 152m. O empreendimento conta ainda com a barragem de Pedrógão, também no leito do rio Guadiana, a jusante da barragem de Alqueva, que permite a bombagem de volumes de água para montante, aumentando a capacidade de produção de energia e um melhor aproveitamento dos volumes armazenados. Este empreendimento irá impor significativas alterações à gestão de recursos hídricos na bacia do Guadiana, e também na bacia hidrográfica do Sado. De facto, o projecto inclui um importante sistema de adução para alimentação de uma série de albufeiras, através de ligação à albufeira de Alqueva, através de ligação ou através de duas importantes derivações de caudais a partir de Pedrógão. A essas albufeiras está associada uma complexa rede de condutas e canais que irá servir uma vasta área agrícola (a área beneficiada por Alqueva deverá atingir os 110.000ha de terreno). Apesar estarem ainda em construção algumas das infra-estruturas associadas, está previsto que todo o empreendimento esteja operacional por volta de 2015 (EDIA, 2005).

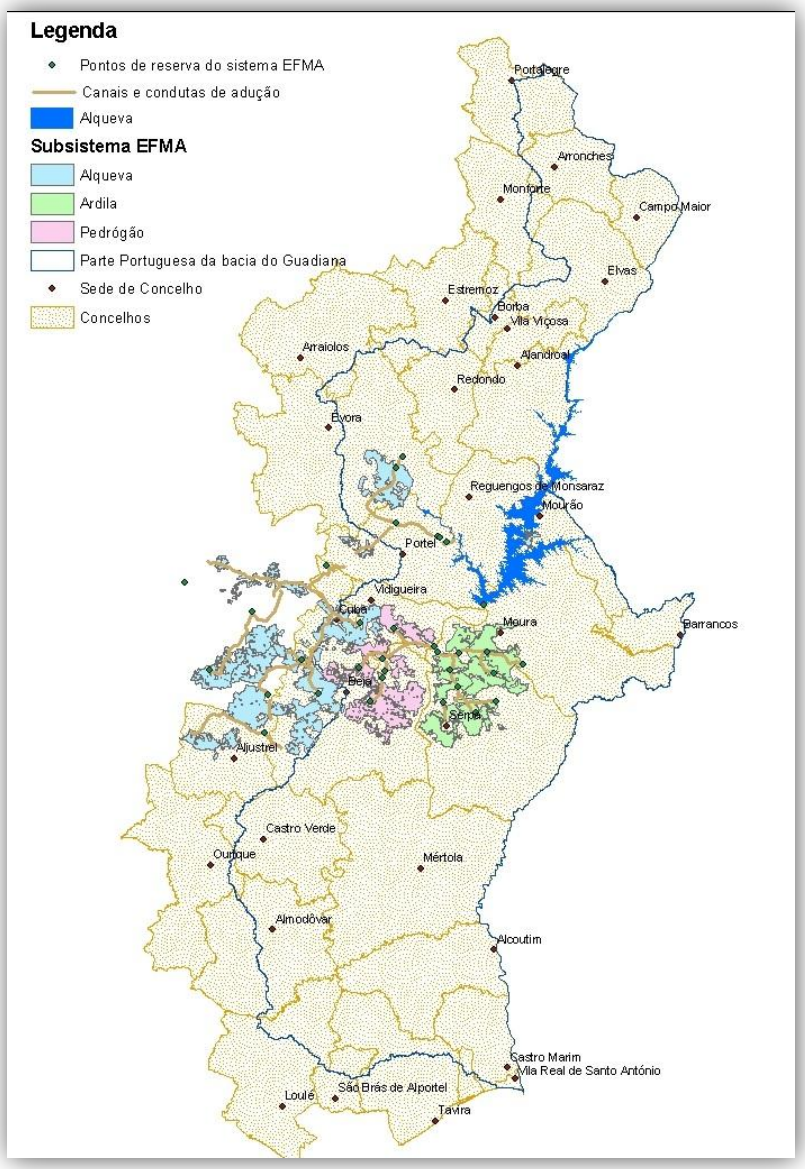


Figura 3.22: Implementação prevista para o EFMA (EDIA, 2010; SNIRH, 2010)

Ainda na Figura 3.22 surge representada a disposição relativa das principais áreas servidas pelo empreendimento do Alqueva, bem como a sua localização face às bacias hidrográficas do Guadiana e do Sado. Na mesma figura é possível verificar que o sistema de rega global do EFMA será, essencialmente, constituído por três subsistemas principais, a seguir descritos com base na ampliação de detalhe (a partir da Figura 3.22) das correspondentes zonas (Figuras 3.23 e 3.24) (adaptado de Serralheiro *et al*, 2010b):

Subsistema Alqueva (Figura 3.23): Abastecido directamente pela albufeira de Alqueva, incluindo um subsistema autónomo, desenvolve-se de ambos os lados da linha divisória das bacias hidrográficas, sendo que, na bacia hidrográfica do Guadiana, permitirá a rega dos blocos junto a Évora, passando pelas albufeiras de Álamos I, II e III, bem como de Loureiro, e, ainda uma ligação à albufeira do Monte Novo. A partir de Loureiro surgirá, ainda, uma derivação que

permitirá a adução, num sistema de canais abertos, já na bacia do Sado, às albufeiras de Alvito, Barras, Vale de Gaio, Odivelas, Pisão, Cinco Reis, Penedrão e Roxo.

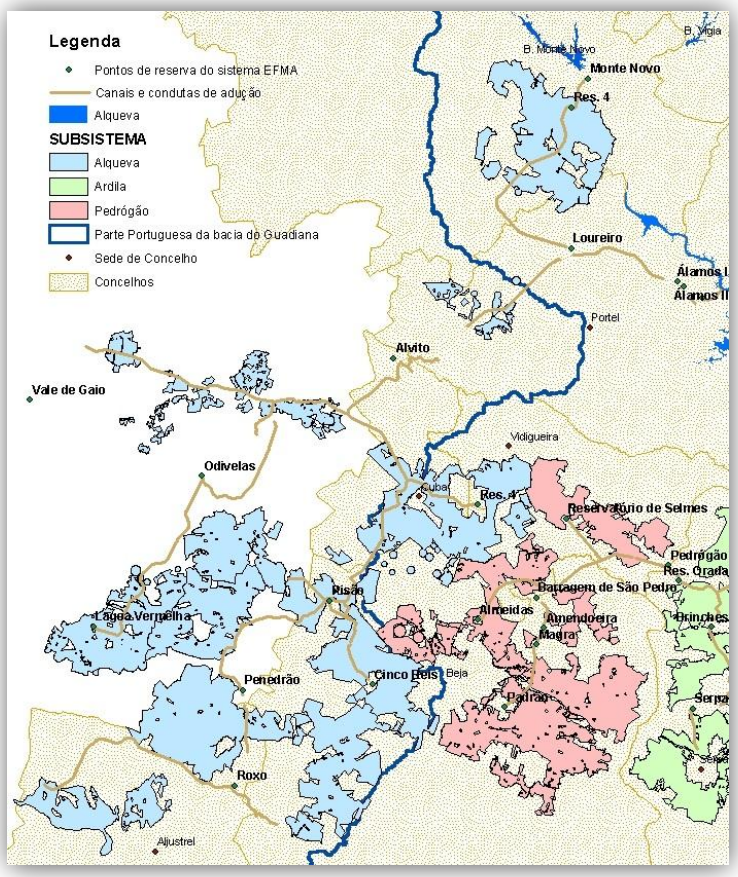


Figura 3.23: Subsistema de Alqueva – EFMA (EDIA, 2010)

Subsistema Ardila (Figura 3.24): A partir da albufeira de Pedrógão, existirá uma derivação para a rega de blocos situados na margem esquerda do Guadiana, a partir das albufeiras de Amoreira, Ribeira dos Caliços, Pias, Brinches, Serpa, Lage e Enxoé (Figura 3.24).

Subsistema Pedrógão (Figura 3.24): Também a partir de Pedrógão, existirá uma segunda derivação para rega dos blocos localizados na região do Baixo Alentejo, na margem direita do Guadiana, a partir de vários pontos de regularização incluindo a albufeira de S. Pedro (Figura 3.24).

Importa, ainda, referir que a área a regar encontra-se dividida em blocos de rega que, por sua vez, são subdivididos em sub-blocos, tanto quanto possível homogéneos, abastecidos por reservatórios de regularização, estações de bombagem e redes secundárias de rega.

As necessidades associadas à componente agrícola dependerão do nível de adesão ao regadio nas áreas beneficiadas pelo EFMA, bem como do tipo de culturas e métodos de rega que terão lugar no futuro. Não obstante, segundo dados da EDIA (2010a), as estimativas globais de necessidades para fins agrícolas, referentes ao ano horizonte de projecto, correspondem a 345,7 hm^3/ ano, a partir de Alqueva e 244,3 hm^3/ ano, a partir de Pedrógão.

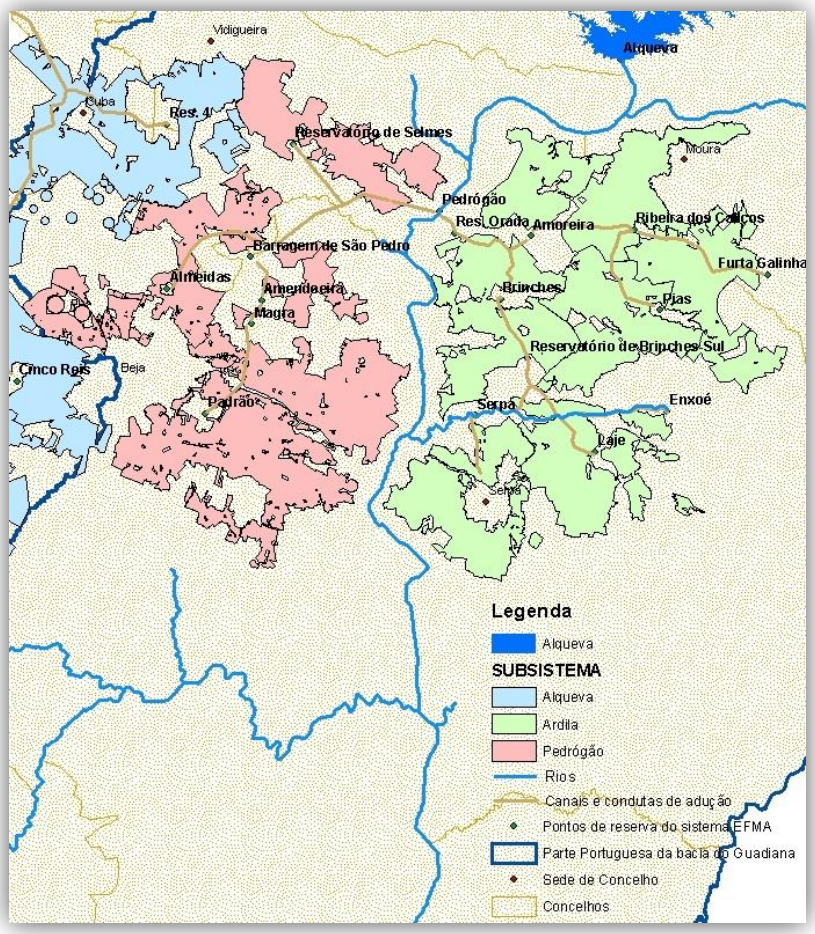


Figura 3.24: Subsistemas Pedrógão (margem direita) e Ardila (margem esquerda) (EDIA, 2010)

Em relação ao abastecimento urbano, o EFMA permitirá efectuar um reforço das principais origens de água superficial para este sector na parte portuguesa da bacia do Guadiana. Segundo dados da EDIA (EDIA, 2010), os correspondentes volumes máximos anuais previstos fornecer, no horizonte de projecto, são (Tabela 3.14):

Tabela 3.14: Volumes anuais máximos previstos para o sector do abastecimento urbano, a partir do EFMA (EDIA, 2010)

Albufeira	Concelhos a beneficiar	Volume de água (hm^3)
Monte Novo	Évora	7.5
Alvito	Alvito, Cuba, Vidigueira, Portel e Viana	4.0
Odivelas	Ferreira do Alentejo	1.8
Roxo	Beja e Aljustrel	7.0
	Sines	4.0
Enxoé	Serpa e Mértola	5.7
	Total	30.0

No que se refere à produção de energia eléctrica, a central hidroeléctrica de Alqueva é a única grande central hídrica na região Sul de Portugal e está equipada com dois grupos reversíveis de eixo vertical, com uma potência unitária de 129,6 MW, sendo a terceira em potência instalada e a oitava em produção média anual, de entre as 27 grandes hídricas

nacionais (EDIA, 2005). Os grupos reversíveis permitem transformar a energia potencial da água da albufeira em energia eléctrica, permitindo, ainda, a bombagem dessa mesma água, da albufeira de Pedrógão para a grande albufeira de Alqueva, possibilitando o armazenamento de energia nas horas de vazio ou de supervazio. Não obstante, está já em execução a obra de reforço de potência de Alqueva II, implicando a construção, na margem direita do Guadiana, de um novo circuito hidráulico e de uma nova central, equipada com dois grupos geradores reversíveis, cada um com a potência máxima de 130 MW. Essa obra permitirá a duplicação da potência actualmente instalada (EDP, 2010).

Além disso, a barragem de Pedrógão está equipada com uma pequena central hidroeléctrica, com dois grupos de 5 MW cada, prevendo-se uma produção anual média de 45 GWh, e pretende-se dotar, ainda, a rede primária de Alqueva com pequenas centrais micro-hídricas, aproveitando as diferenças de cotas existentes, na rede de condutas e canais, para instalação destas unidades. No total as sete micro-hídricas previstas terão uma potência instalada de 21,06 MW (EDIA, 2005).

Uma vez que irá constituir uma importante reserva estratégica de água, não só para a agricultura de regadio, mas também para o abastecimento urbano de alguns concelhos e ainda no que toca à produção de energia (EDIA, 2005), é possível que se possa vir a assistir a um apreciável aumento das necessidades de água, tanto na bacia do Guadiana, como na do Sado, em especial para rega.

3.3.5.5 Principais utilizações e respectiva importância socioeconómica

No que toca às principais actividades económicas da região, salienta-se o forte domínio dos sectores primário e terciário, nomeadamente de actividades ligadas à Administração Pública. Não obstante, as actividades económicas mais relevantes, no que toca ao volume total de água utilizada, sendo a água um importante factor de produção – indústria e agricultura – são responsáveis por 25% do emprego na RH do Guadiana (INAG & ARH Alentejo, 2009).

No caso do sector agrícola, representando cerca de 223 milhões de € do VAB da região, ainda predominam, actualmente, as culturas de sequeiro, de carácter extensivo. Porém, estando, o EFMA, em fase final de implementação, cujo sistema global de rega irá beneficiar uma área de regadio de 110.000 ha, espera-se uma alteração desta realidade. No sector secundário, correspondente a 210 milhões de € do VAB regional, salienta-se a indústria extractiva como principal sector da região hidrográfica em termos de vendas, exportação e especialização. A indústria transformadora, por sua vez, integra especialmente lagares de azeite, destilarias e adegas, conservação de frutas, lacticínios e produção de bebidas não alcoólicas (INAG & ARH Alentejo, 2009).

Em relação ao sector do turismo, a sua importância foi sempre muito pouco significativa na bacia do Guadiana, à excepção da zona mais a Sul, próxima da foz (na região algarvia) e de alguns centros urbanos mais desenvolvidos, como Évora e Beja (INAG, 2001). Não obstante, recentemente, as margens de Alqueva estão a suscitar o interesse do sector turístico, facto que poderá potenciar efeitos positivos neste domínio (CCDR-Alentejo, 2009).

Com o EFMA também a produção de energia toma outra importância, constituindo um dos principais centros electroprodutores e o único com importância a Sul do Tejo (EDIA, 2005).

Por estes motivos, os sectores a analisar em maior detalhe para esta bacia, são, então: o abastecimento urbano, a agricultura, a indústria, o turismo e a produção de energia.

Abastecimento urbano

O abastecimento urbano representa a primeira prioridade no planeamento de recursos hídricos, tal como é indicado no Plano de Bacia Hidrográfica do Guadiana (INAG, 2001) e igualmente disposto na Lei da Água (Lei 58/2005 de 29 de Dezembro - ponto 1 do Art.º 64).

Além disso, o abastecimento público na bacia do Guadiana tem sofrido uma alteração significativa, verificando-se um aumento da área abrangida por sistemas municipais ou multimunicipais para o abastecimento das populações, promovendo uma gestão integrada das origens de água da região e resolvendo alguns problemas de qualidade da água. Empresas como a Águas do Centro Alentejo, S.A., a Águas do Norte Alentejano, S.A. ou, mesmo, a recém-criada, Águas Públicas do Alentejo, S.A. são, actualmente, responsáveis pela gestão e exploração de sistemas multimunicipais (abastecimento em "alta"), em parceria com os respectivos municípios abrangidos.

Em paralelo com estas empresas, a gestão das redes de distribuição ("em baixa") é, regra geral, efectuada ao nível municipal. Não obstante, quando, a responsabilidade de gestão das origens de água e adução aos reservatórios de distribuição, ou seja, abastecimento "em alta", não está integrada em sistemas multi ou intermunicipais é, também, feita ao nível dos municípios (ex. Vila Viçosa).

De acordo com os resultados da campanha de 2009, do Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e águas Residuais – INSAAR 2009, referente a dados de 2008 (INAG, 2009), 59% da população servida por sistemas públicos de abastecimento de água na RH do Guadiana, é servida por água proveniente de captações superficiais e 41% por água proveniente de captações subterrâneas. O volume total corresponde a cerca de 52,5 hm^3/ano, incluindo também uma importante parcela de volumes captados no sistema Odeleite-Beliche, com destino ao sistema de abastecimento urbano da RH das Ribeiras do Algarve. Não obstante, apenas pouco mais de 33 hm^3/ano são tratados em estação de tratamento de água (ETA), ou posto de cloragem, para utilização na própria RH do Guadiana e, desses, somente 17,8 hm^3/ano foram efectivamente distribuídos à população.

Agricultura

De acordo com o Recenseamento Geral da Agricultura (RGA99) de 1999[75] (INE, 2001), nos concelhos abrangidos na área da RH do Guadiana, predominam os sistemas de rega individuais, correspondente a 91% das explorações irrigáveis, sendo os restantes 9% das

[75] À data da entrega da presente tese, ainda não se encontram disponíveis os dados referentes ao Recenseamento Agrícola 2009.

explorações integradas nas colectividades de iniciativa estatal, existentes em 1999: Caia, Lucefecit, Vigia e Sotavento Algarvio.

Ainda de acordo com o RGA99, a superfície agrícola utilizada (SAU), nesses mesmos concelhos atinge um valor de 924 009 ha. As culturas com maior representatividade, em termos de área ocupada, são: as pastagens permanentes (323 438 ha), os cereais para grão (181 964 ha), o olival (81 755 ha), as culturas forrageiras (51 636 ha) e as culturas industriais (39 259 ha). Nos referidos concelhos a área irrigável era, antes da entrada em funcionamento de Alqueva, de cerca de 64 066 ha (7% da SAU) e a área efectivamente regada abrange 46 991 ha (5% da SAU). As culturas regadas mais representativas correspondiam a: trigo para grão (24% da área regada), milho para grão (13% da área regada), girassol (10% da área regada), olival (10% da área regada), as culturas forrageiras (7% da área regada), os citrinos (7% da área regada) e a vinha (6% da área regada). Genericamente, pode referir-se que, nas zonas onde a agricultura é mais intensiva (regadio), poderão verificar-se também maiores problemas de qualidade da água, sendo de salientar as Zonas Vulneráveis de Beja e de Elvas-Vila Boim (INAG & ARH Alentejo, 2009). No que respeita ao tipo de origem da água para rega, ainda segundo os dados do RGA99 (INE, 2001), prevaleciam as explorações com origem de água subterrânea (84% do número de explorações irrigáveis), seguindo-se a origem de água superficial proveniente de albufeiras (14% das explorações irrigáveis).

Saliente-se, mais uma vez, que a área de superfície irrigável, dependente dos recursos hídricos gerados na bacia do Guadiana, vai sofrer um forte incremento com o desenvolvimento do Sistema Global de Rega do Alqueva, para um total de cerca de 110.000 ha (englobando também as áreas da bacia do Sado beneficiadas por este sistema).

A informação disponibilizada pelo INE não contempla os volumes de água captados e usados para rega, sendo de referir que, no Plano Nacional da Água (INAG, 2001a) é apresentado, para a bacia do Guadiana, um consumo estimado de água para rega de 400 hm^3/ano, correspondendo cerca de 56%, a origens superficiais e 44%, a origens subterrâneas.

Indústria

A indústria extractiva nesta região apresenta-se como uma actividade importante em termos económicos (área de exploração, número de empresas, postos de trabalho e volume de vendas), bem como pelos potenciais problemas que podem decorrer da contaminação das massas de água. No que respeita à exploração de Minerais não Metálicos, merecem especial referência os mármores de Borba, Estremoz e Vila Viçosa e os granitos de Portalegre, entre outros. Nos Minerais Metálicos deverá destacar-se a exploração de cobre e zinco em Castro Verde (minas de Neves Corvo) (INAG & ARH Alentejo, 2009).

No entanto, os consumos estimados para a Zona dos Mármores (concelhos de Borba, Vila Viçosa e Alandroal) são de cerca de 0,26 hm^3/ano, enquanto as indústrias existentes nas freguesias urbanas de Beja são responsáveis por consumos da ordem dos 0,12 hm^3/ano, sendo que, neste caso, a água é utilizada directamente a partir da rede pública de abastecimento. Por sua vez, as indústrias existentes nos concelhos de Vila Real de Santo António e Castro Marim são responsáveis por consumos de 0,09 hm^3 /ano, enquanto na zona leste do concelho de Évora

e na zona oeste, contígua, do concelho do Redondo, consomem-se pouco mais de 0,08 hm^3/ano. O volume de consumos de água mais importante, neste sector, acaba por ser referente à indústria SOMINCOR – Sociedade Mineira Neves Corvo, S.A., sediada em Almodôvar, cujos consumos, na ordem dos 2.5 hm^3/ ano, são obtidos para utilização sanitária, rega e processo industrial, a partir da barragem de Santa Clara, localizada na bacia do rio Mira (APA, 2008).

De acordo com os dados apresentados, ainda que, economicamente, a indústria seja uma área de actividade importante para a RH do Guadiana, no que toca ao consumo de água o total para a região é da ordem dos 3,6 a 3,9 hm^3/ano (INAG, 2001, INAG & ARH Alentejo, 2009), correspondendo, na realidade, a cerca de 1,1 a 1,3 hm^3/ano, pois o complexo mineiro das minas de Neves Corvo, só por si, representa cerca de 2,5 hm^3/ ano, dependente de uma albufeira pública de fins múltiplos, situada noutra bacia hidrográfica (APA, 2008). Assim, ainda que este último fosse considerado, o consumo de água para este sector é pouco significativo perante a ordem de grandeza dos consumos dos restantes sectores, em especial para rega, e poderá ser, considerado representado (ainda que parcialmente) pelos consumos quantificados nas redes de abastecimento urbano.

Turismo

O sector do Turismo apresentou, desde sempre, uma expressão pouco significativa na bacia do Guadiana. Todavia, existem algumas zonas pontuais onde este sector possui alguma relevância, como é o caso dos concelhos algarvios e da zona histórica de Évora (INAG, 2001; INAG & ARH Alentejo, 2009). Além disso, é sabida a aposta feita neste sector com a entrada em funcionamento do EFMA, prevendo-se uma série de novos empreendimentos turísticos nesta região (CCDR-Alentejo, 2009). Na Figura 3.25, são localizados os principais empreendimentos turísticos existentes e em projecto (Turismo de Portugal, 2010).

Pela análise da Figura 3.25, verifica-se que no seio da bacia hidrográfica do Guadiana, existe, actualmente, um número reduzido de empreendimentos turísticos (94), prevendo-se, contudo, que venham a ser criados 38 novos empreendimentos nessa área. Não obstante, em termos espaciais, os empreendimentos turísticos existentes e previstos estão razoavelmente dispersos pela bacia e correspondem, essencialmente, a estabelecimentos hoteleiros de pequena dimensão (< 100 camas, em média), inseridos em núcleos urbanos, ou a pequenos empreendimentos (< 15 camas, em média) de turismo rural e agro-turismo, fora desses núcleos.

No que toca às origens de água, este sector está dependente da rede de abastecimento urbano, no caso dos empreendimentos turísticos integrados em área urbana, pelo que os consumos afectos ao mesmo serão quantificados em conjunto com as outras utilizações dependentes destes sistemas. Por outro lado, os empreendimentos de turismo rural ou agro-turismo, estarão, normalmente, associados a explorações agrícolas, pelo que poderão depender de origens próprias (superficiais ou subterrâneas). No entanto, nesses casos, os empreendimentos em causa deverão ser considerados representados pelas explorações agrícolas de regadio privado, uma vez que os consumos para rega serão sempre mais significativos.

Por fim, ainda com base nos dados fornecidos pelo Turismo de Portugal, IP, verifica-se que apesar de existirem actualmente apenas 3 campos de golfe em exploração, prevê-se a construção de 16 novos campos, no seio da bacia hidrográfica do Guadiana. Todavia, não existe ainda informação suficiente que permita aferir as possíveis origens de água a utilizar por esses campos, nem tão pouco do consumo que lhes estará associado.

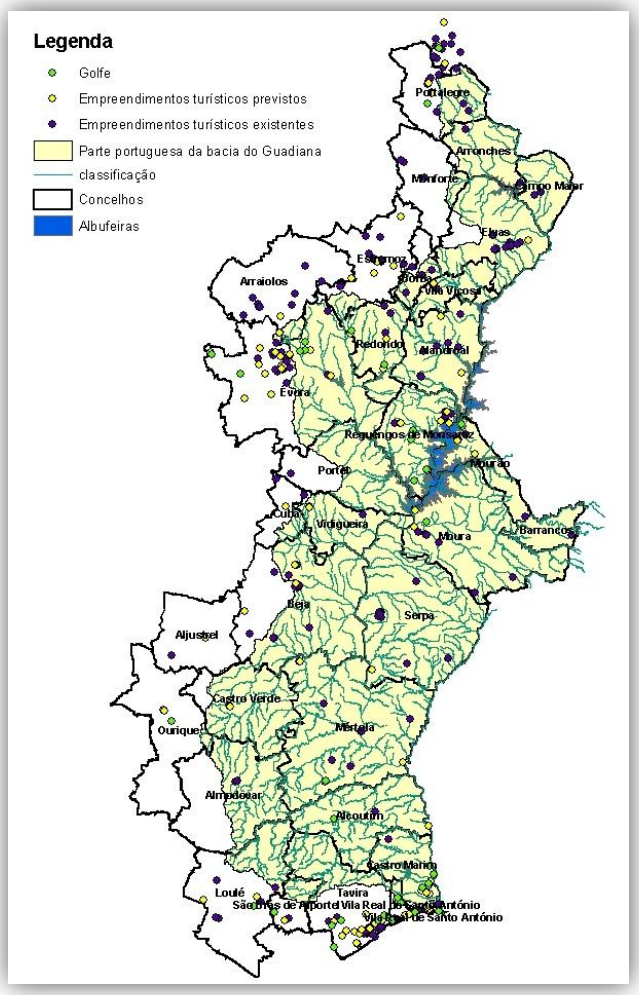


Figura 3.25: Principais empreendimentos turísticos existentes e previstos nos concelhos englobados total ou parcialmente na bacia do Guadiana (Turismo de Portugal, 2010; SNIRH, 2010a).

Por estes motivos, embora não seja possível uma quantificação individualizada dos consumos afectos ao sector do Turismo, foi considerado que a utilização da água no mesmo poderá ser representada, ainda que apenas em parte, pelos consumos domésticos nas redes de abastecimento urbano e pelo regadio privado, no que toca aos empreendimentos com origens próprias. Em relação aos campos de golfe, na falta de melhores dados, as áreas regadas poderão ser consideradas representadas pelo regadio privado, embora este ponto deva ser sujeito a uma análise mais detalhada, quando os mesmos entrarem em funcionamento.

Produção de energia

Até à construção da barragem do Alqueva, a produção de energia na bacia do Guadiana resumia-se à mini-hídrica instalada na barragem do Caia, de expressão muito reduzida em termos de produção de energia para venda à EDP (INAG, 2001).

Porém, com o desenvolvimento do empreendimento de Alqueva, verificaram-se alterações significativas (tal como descrito anteriormente), sendo uma importante valência do empreendimento e uma das actividades mais importantes do mesmo, em especial nos primeiros anos de operação, antes do pleno funcionamento do sistema global de rega (EDIA, 2005: EDP, 2010).

De facto, no que respeita à central hidroeléctrica de Alqueva, nos primeiros dois anos de actividade, até Dezembro de 2005, verificou-se uma produção de cerca de 190 GWh, o que equivaleu a cerca de 11 milhões de euros de receita (EDIA, 2005). Porém, como os grupos de produção de energia instalados em Alqueva são reversíveis, uma vez concluída a barragem de Pedrógão, verifica-se uma bombagem para montante dos principais volumes descarregados, podendo a produção corresponder a cerca de 400 GWh. Tratando-se de um valor considerável, é, ainda, expectável um aumento adicional, pelo reforço de potência da albufeira de Alqueva (EDP, 2010). Não obstante, poderá ser desprezada a influência da produção de energia nas disponibilidades para o consumo de água, uma vez que se poderá verificar uma dinâmica de turbinamento e bombagem para montante com um ritmo diário. Tomando por base valores fornecidos pela EDIA (2010a), verifica-se que, a média de registos dos volumes anuais bombeados para montante, a partir de Pedrógão, é superior à média de volumes anuais descarregados a partir de Alqueva, pelo que, a produção de energia não deverá conduzir a grandes alterações no balanço global de volumes armazenados[76].

3.3.6 Impactos das principais situações de seca na parte Portuguesa da bacia do Guadiana

A avaliação apresentada no ponto 3.2 permite uma análise da importância das situações de seca nos últimos 30 anos, a nível nacional, sendo possível destacar, desde logo a bacia do Guadiana como uma das bacias mais afectadas. Não obstante, para a presente tese, torna-se especialmente relevante aprofundar a análise dos impactos verificados nessa bacia, em especial no que diz respeito às áreas mais afectadas, à correspondente evolução no tempo e, ainda, à consequente adopção de medidas de mitigação.

Atendendo a esse objectivo, foi efectuada uma pesquisa de elementos de base para a recolha de informação sobre esta bacia hidrográfica, em especial, para caracterização das principais situações de seca. Tendo-se verificado uma forte limitação na informação existente nesta matéria, pôde constatar-se que os elementos que disponibilizavam alguma informação mais específica e detalhada sobre essa região foram o Plano de Bacia Hidrográfica do Guadiana (INAG, 2001) e todo um conjunto de documentação e relatórios resultantes do secretariado técnico da Comissão da Seca 2005 (CPS 2005, 2005a), fornecidos no âmbito do

[76] Ver ponto 4.5.4.3.

desenvolvimento do projecto SPGS. Apresenta-se, em seguida, um breve resumo da análise dos mesmos.

3.3.6.1 Plano de Bacia Hidrográfica do Guadiana

Tomando como ponto de partida o Plano de Bacia Hidrográfica do Guadiana actualmente em vigor, segundo o Decreto-Lei 16/2001 de 5 de Dezembro (INAG, 2001), é possível concluir que a avaliação efectuada, e que será resumida e descrita em seguida, incidiu apenas na análise dos registos históricos de precipitação e nos efeitos na produção agrícola, em especial de sequeiro, sendo considerado que esta última representava a actividade económica mais representativa da região.

De facto, para análise de registos de precipitação, foi considerado, nesse estudo, o histórico de registos de 1931/32 a 1996/97, de vários postos pluviométricos cujas áreas de influência, determinadas pelo método de *Thiessen*, interessam à bacia. A esses registos foi aplicado o modelo de caracterização de Secas Regionais (Santos, M.J., 1998), utilizado pelo INAG e descrito anteriormente[77], tendo sido avaliadas, para cada ano hidrológico, por análise de núcleos, ou *clusters*, as áreas, cuja precipitação acumulada anual correspondia a determinados valores de probabilidade de não excedência, face ao histórico de registos considerado.

Por outro lado, no que toca à agricultura de sequeiro, foi tomado como indicador a previsão da produção da cultura de trigo de sequeiro, considerada típica, à época desse estudo (1999-2001), da actividade agrícola existente na região. O modelo utilizado na simulação da produtividade das culturas em regime de sequeiro resultou de uma adaptação do modelo desenvolvido, no âmbito da execução daquele plano, para estimativa dos recursos hídricos superficiais, a partir de séries de valores mensais da precipitação e da evapotranspiração de referência (calculada pelo método de *Penman-Monteith*), para o período de 50 anos compreendido entre os anos hidrológicos de 1941/42 e 1990/91. Com estes valores foi efectuado um balanço hídrico do solo para a cultura de referência considerada, conhecidas as características do solo (profundidade, capacidade de campo) e da cultura (fases de crescimento, profundidade das raízes, reserva facilmente utilizável, coeficientes da variação da produção com o défice hídrico). A produção num dado ano dependerá, então, das características da cultura considerada, da quantidade de água requerida pela planta (Etm), da quantidade de água efectivamente utilizada (Eta) e, igualmente, do modo como os eventuais défices se distribuem ao longo do período cultural. Tomando como base os valores de produção anual determinados, foi considerado, como limiar de seca, o valor crítico de 33% da produção máxima teórica, correspondente a um ano sem qualquer tipo de défice.

Pela conjugação dos dois tipos de avaliação pôde ser concluído que, no período de análise, se verificou a ocorrência de 11 secas extensas nos anos hidrológicos de 1943/44, 1948/49, 1952/53, 1965/66, 1966/68, 1969/70, 1971/72, 1972/73, 1980/81, 1982/83 e 1986/87, tendo a percentagem da produção máxima teórica variado em média na bacia entre 30,4 e 39,6%. Além disso, tomando como base a distribuição espacial da principal afectação verificada nessas situações de seca foi ainda concluído que os concelhos de Serpa, Moura (pontualmente),

[77] Ver ponto 2.2.4.1.

Castro Verde, Mértola, Alcoutim, Castro Marim e Vila Real de Santo António foram os mais frequentemente atingidos pela seca (1 vez em cada 3 anos) e, também, os mais severamente afectados por este tipo de situações.

Não obstante, em relação à agricultura de regadio, foi efectuada, nesse estudo, uma avaliação complementar que permitiu uma primeira indicação das regiões com maior risco de seca. Para tal, foi considerado, ainda no âmbito do mesmo plano, que este tipo de actividade, estando, essencialmente, dependente dos volumes existentes em infra-estruturas de armazenamento, estaria sujeito a um maior risco de seca nos locais, ou regiões, onde se verificasse um menor escoamento. Como limiar de seca foi considerado o quantil 20% da série de escoamentos anuais ponderados na bacia no período de anos de análise (1941/42 a 1991/92), verificando-se estarem nestas condições áreas extensas pertencentes aos concelhos de Campo Maior, Elvas (parte sul), Barrancos (nordeste), Moura, Cuba, Beja, Serpa (parte oeste), Mértola e Alcoutim, com ocorrência de 1 vez em cada 3 anos de escoamento anual inferior a 55 mm.

Assim, em relação à avaliação de seca descrita neste plano importa referir que:

- a mesma teve, essencialmente, por base a análise de registos de precipitação e evapotranspiração e de resultados de modelação obtidos a partir dos mesmos, não sendo apresentada qualquer compilação ou análise de impactos reais;
- apenas é efectuada uma avaliação do sector agrícola, não sendo analisado ou, até mesmo considerado o potencial efeito das situações de seca noutros sectores como, por exemplo, do abastecimento urbano;
- na componente de avaliação da produção agrícola de sequeiro não foi efectuada uma comparação com dados de produção real para aferição dos resultados obtidos;
- na avaliação da agricultura de regadio, apenas é efectuada uma análise muito simplificada de análise do risco de diminuição da geração de escoamento, não sendo retirada qualquer ilação para o efeito que o mesmo pode ter na produção desse subsector agrícola.

3.3.6.2 Documentação e relatórios da Comissão da Seca de 2005

Por outro lado, verificando-se que a informação existente e disponibilizada pelo Instituto da Água, I.P., em relação à situação de seca mais recente (2005), é consideravelmente mais completa e pormenorizada do que noutras situações[78], foram efectuados, ao abrigo do projecto SPGS (Vivas *et al*, 2010), um tratamento e avaliação da informação existente, específicos para esta situação de seca e para a bacia do Guadiana. Para tal, foram analisados os impactos segundo os sectores utilizadores mais importantes na região e, também, os mais afectados por impactos de seca (a agricultura e o abastecimento urbano).

Essa análise teve como objectivo identificar as áreas e culturas mais prejudicadas (em relação à agricultura), bem como a evolução no tempo (mensal) dos principais impactos

[78] Nomeadamente as referenciadas no ponto 3.2.

verificados, a população afectada, por concelho e as respectivas medidas adoptadas, com identificação do nível de severidade associado às mesmas (no sector urbano).

Agricultura

Para o sector agrícola a análise efectuada teve por base a informação constante nos relatórios de acompanhamento (CPS, 2005) e, como fonte de informação complementar, alguns elementos (ofícios, pareceres, etc.) do Gabinete de Secretariado de Seca (INAG, 2006), as actas das reuniões da Comissão de Gestão de Albufeira (CGA 2005, 2005a, 2006, 2006a), correspondentes ao período antes de Março de 2005 e após Dezembro de 2005, e ainda os relatórios mensais de acompanhamento entre Janeiro e Março de 2006 (INAG *et al*, 2006).

Da análise desses elementos, é possível salientar a forte quebra na produção agrícola como um dos principais impactos de seca na região. Na Tabela 3.15 são apresentadas as variações de áreas e produções verificadas, no final do ano de 2005, para as culturas mais representativas, arvenses e horto-frutícolas, ainda que avaliadas na região agrária do Alentejo.

Tabela 3.15: Variações de áreas e produções na região agrária do Alentejo (INAG, 2006)

Produtos		Distribuição regional da área face ao total do continente (%)	Variação da área em relação ao ano anterior (%)	Variação da produção em relação ao ano anterior (%)
Culturas anuais	Trigo Duro	97	-87	-96
	Trigo Mole	53	513	83
	Cevada	66	75	-45
	Aveia	67	18	-65
	Centeio	1	-37	-61
	Triticale	86	37	-63
	Arroz	38	-50	-53
	Milho de sequeiro	3	-58	-90
	Milho de regadio	14	-42	-53
	Girassol	98	-79	-89
	Grão de Bico	74	-61	-79
	Feijão	1	-33	-31
	Batata de regadio	2	-20	-19
	Batata de sequeiro	6	-30	-39
	Melão	33	-14	-18
	Tomate p/ indústria	19	-12	-18
Culturas permanentes	Cereja	1	-	0
	Pêssego	9	-	7
	Uva de mesa	10	-	-1
	Maçã	2	-	4
	Pêra	2	-	-2
	Laranja	9	-	-46
	Figo	12	-	-1
	Amêndoa	1	-	-29
	Avelã	4	-	-5
	Castanha	2	-	-58
	Azeitona p/ azeite	41	-	-26
	Uva p/ vinha	10	-	-22

Da análise da Tabela 3.15 é possível verificar que a maioria das culturas sofreu uma importante redução de área cultivada e de produção, em especial no que toca às culturas arvenses e hortofrutícolas anuais.

Não obstante, ainda neste sector, outro dos impactos mais significativos decorrentes de uma situação de seca corresponde à quebra na alimentação para o gado, por forte redução das áreas de prado, obrigando à aquisição de alimento grosseiro (palha) e concentrado (ração) para a sobrevivência dos animais. Nesse sentido, apresenta-se, na Tabela 3.16, a variação, também para a região agrária do Alentejo, da produtividade do ano de 2005 das actividades forrageiras e pratenses, em relação à média de 3 anos (2000-2001-2002), sendo possível concluir a grande afectação que este tipo de actividade sofreu durante o ano de 2005, em especial nas culturas de sequeiro, que dependem apenas da humidade existente no solo, fruto da precipitação ocorrida ao longo do ano.

Tabela 3.16: Variação da produtividade em relação à média de 3 anos (2000-2001-2002), das actividades forrageiras e pratenses, na região agrária do Alentejo (INAG, 2006).

Actividade	Variação da produtividade
Prados e pastagens temporários de regadio	-23
Prados e pastagens temporários de sequeiro	-76
Milho forragem/ silagem	-84
Consociações anuais de sequeiro (Aveia e Ervilhaça)	-76
Consociações anuais de sequeiro (Aveia e Tremocilha)	-76
Azevém anual de sequeiro	-76
Sorgo de regadio	-58
Prados e Pastagens Permanentes melhorados e semeados de regadio	-23
Prados e Pastagens Permanentes melhorados e semeados de sequeiro	-76
Pastagens pobres	-76

Da análise das Tabelas 3.15 e 3.16 é ainda possível verificar que, mesmo nas culturas de regadio, houve uma redução de produção bastante significativa, denotando a quebra das principais origens para fazer face à situação de seca.

Em relação às áreas de regadio privado, não existe informação específica em relação à afectação desse tipo de origens, supondo-se, ainda assim, que devido às maiores vulnerabilidades das origens afectas a estas áreas (devido às menores capacidades de armazenamento associadas), estas sejam particularmente afectadas em situação de seca.

Por outro lado, foi efectuada uma análise, dos principais impactos (e respectiva evolução no tempo) verificados nos principais aproveitamentos hidroagrícolas (regadio público) da região hidrográfica do Guadiana. Para essa avaliação foram apenas considerados os aproveitamentos hidroagrícolas do Caia, Lucefecit e Vigia. Os perímetros de rega do EFMA não foram considerados para esta avaliação uma vez que ainda não estavam concluídas as infra-estruturas de beneficiação dos perímetros de rega localizados a jusante de Alqueva (subsistemas de Pedrógão e de Ardila), bem como as infra-estruturas de ligação, a partir de Alqueva, aos aproveitamentos hidroagrícolas da bacia do Sado. Além disso, o aproveitamento hidroagrícola do Sotavento Algarvio também não foi considerado, uma vez que grande parte da área de regadio beneficiada pelas albufeiras de Odeleite-Beliche fica situada na bacia hidrográfica das Ribeiras

do Algarve. Assim, da avaliação efectuada, resulta que apenas se verificaram impactos nos aproveitamentos hidroagrícolas do Lucefecit e da Vigia, tendo sido resumida a evolução no tempo das restrições impostas à alocação de volumes e áreas segundo os tipos de culturas (Tabela 3.17).

Na Tabela 3.17 apenas são apresentados os casos onde, segundo a informação disponível na documentação referida anteriormente, se verificaram restrições efectivas na utilização de água das albufeiras (aproveitamento do Lucefecit e Vigia), tendo sido considerado que, nos demais aproveitamentos, não ocorreram problemas significativos, não obstante poderem ter sido adoptadas algumas medidas de prevenção e uso eficiente da água. Por outro lado, nos perímetros de rega com maiores dificuldades e onde, inclusive, houve necessidade de adoptar um rateio de água, foi caracterizada (Tabela 3.17) a data em que os mesmos foram apontados, bem como as áreas ou volumes sob os quais essas restrições tiveram lugar. Igual procedimento foi adoptado sempre que se verificou um agravamento dessas restrições. Além disso, foi possível verificar que houve um agravamento das restrições devido à necessidade de garantia de volumes para o sector do abastecimento urbano (no aproveitamento da Vigia).

Tabela 3.17: Resumo da evolução temporal das restrições/ adaptações verificadas nos aproveitamentos hidroagrícolas na bacia do Guadiana, na seca 2005 (Vivas *et al*, 2010).

Aproveitamentos hidroagrícolas	Restrições											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Lucefecit	Antes de 01-03-2005, foi necessário regar as culturas de Outono/Inverno (cereais e beterraba), devido à falta de precipitação.	Falta de água para regar os 700ha do perímetro. Sugestão de ligação provisória à albufeira do Alqueva	Igual ao anterior. Início da campanha de rega	Restrições específicas adoptadas no âmbito das reuniões da Subcomissão de Gestão de Albufeiras da região Sul. Horário de rega alterado devido a novas culturas e circunstâncias climáticas (de 2ª a sábado das 8 às 20h)	Aumento das áreas de cereais em 217,6 hectares; Redução de 55,6% na área de cultura do milho, relativamente a 2004	Horário de rega alterado devido a novas culturas e circunstâncias climáticas (das 8,00 horas de 2ª-feira às 20,00 horas de sábado, em contínuo)	Igual ao anterior	Igual ao anterior	Campanhas de rega concluídas. Culturas regadas: trigo (241,4 ha), beterraba (100,8 ha) e prados (71,3 ha). Além das culturas Outono/Invernais, que ocuparam 413,5 hectares, foram ainda regadas as culturas do milho (178,6 ha), vinha (5,5 ha), olival (7,5 ha), tomate (34,3 ha) e diversas (41,1 ha), que no seu conjunto totalizaram 680,9 hectares (cerca de 57,4% da área beneficiada).			
Vigia	Fornecimento de água para algumas culturas de Outono/Inverno (volumes descontados ao volume atribuído para culturas Primavera/Verão)	Alteração de culturas, reduzindo as culturas de milho a 50%; Garantia de volumes para A. Urbano (Redondo e Reguengos de Monsaraz) para dois anos; Restrição ao volume destinado à rega: 2,6 hm3	Igual ao anterior	Igual ao anterior. Início da campanha de rega das culturas Primavera/Verão a 15 de Abril	Redução de áreas inscritas de 28,5%, relativamente ao ano anterior (redução no milho de 52,6%). Milho grão substituído por milho silagem. Controlo rigoroso dos caudais fornecidos, das dotações, de avarias e rupturas	Cuidados na operação para evitar desperdício. Escolha de horas mais frescas para regar, atenção às avarias dos contadores, roturas e entupimentos, na escolha de culturas ou variedades que consumam menos água (milhos de ciclo curto).	Igual ao anterior	Término da campanha de rega a 20 de Agosto.	Culturas regadas: trigo (267,2 ha), cevada (117,1 ha) e azevém (59,5 ha). Além das culturas Outono/Invernais, que ocuparam 443,8 hectares, foram ainda regadas as culturas do milho (213,7 ha), forragens (3,8 ha), girassol (21,3 ha), vinha (108,9 ha), olival (96,3 ha), sorgo (116,5 ha), melão (83,0 ha) e hortas (3,4 ha), que no seu conjunto totalizaram 1.090,7 hectares (cerca de 72,5% da área beneficiada). Milho para grão, substituído pelo milho silagem e pelo sorgo (alimentação para gado), sofrendo redução de 66,8%, relativamente ao ano de 2004 e de 29,9% à área inicialmente prevista.			

Abastecimento Urbano

No caso concreto do abastecimento urbano, a análise teve, essencialmente, por base a informação constante nos relatórios quinzenais de acompanhamento de seca (de 15 de Março de 2005 a 31 de Dezembro de 2005) (CPS, 2005). Como fonte de informação complementar, foram ainda consideradas (i) as actas das reuniões da Comissão de Gestão de Albufeira, de 31 de Janeiro de 2005 e de 14 de Fevereiro de 2005 (CGA, 2005; 2005a), (ii) alguns elementos (ofícios, pareceres, etc.) do Gabinete de Secretariado de Seca (INAG, 2006), e (iii) informação fornecida pela ARH-Alentejo, nomeadamente no que diz respeito aos Acordos de Colaboração Técnica e Financeira, realizados com alguns dos municípios mais afectados na seca de 2005 (ARH-Alentejo, 2010a).

Assim, na análise levada a cabo (Vivas *et al*, 2010) procurou-se efectuar uma sistematização mensal da informação existente para o Guadiana, segundo três vectores principais: (i) impactos ocorridos, (ii) população afectada e (iii) medidas adoptadas, de acordo com os critérios descritos em seguida. Na Tabela 3.18 são apresentados os respectivos resultados obtidos.

1. Análise de impactos ocorridos

A identificação e caracterização de impactos de seca no sector do abastecimento urbano na região hidrográfica do Guadiana teve por base uma compilação/organização, por concelho, da informação constante nos relatórios quinzenais de seca (CPS, 2005).

O objectivo foi o de caracterizar, para cada concelho, os principais problemas ocorridos, a altura em que os mesmos tiveram início e quais as causas subjacentes. Não obstante, em algumas situações, na informação disponível nesses relatórios é, apenas, indicada a adopção de medidas, sem ser referida a existência de problemas, fazendo supor que, eventualmente, estas tiveram um cariz preventivo, não tendo chegado a ocorrer qualquer afectação do abastecimento da população, no concelho em causa. Além disso, em alguns concelhos é referenciada a ocorrência de impactos até ao final de Dezembro de 2005, data do último relatório quinzenal de acompanhamento, a partir do qual deixam de ser analisados os problemas específicos do sector do abastecimento urbano. Como tal, fica a dúvida da continuação desses problemas além da data referida.

Apesar das limitações indicadas foi considerada a ocorrência de impactos, num dado concelho, num dado mês, no caso de serem referenciados problemas específicos para esse município, em pelo menos um dos dois relatórios quinzenais de seca, referentes a esse mês. Nos casos em que há uma indicação explícita da não ocorrência de impactos, o mês é caracterizado como isento de problemas.

2. Determinação da população afectada

Outro aspecto da análise foi a identificação do número de habitantes afectados, por concelho, na região do Guadiana, tendo, mais uma vez, como base, os relatórios quinzenais da Seca 2005 (CPS, 2005). Com base nessa informação, foi efectuada a soma directa de todos os

valores constantes para um determinado concelho, em cada relatório, de forma a obter o valor total da população afectada no mesmo.

No entanto, verificou-se que alguma informação surge repetida ou é contraditória. De facto, uma vez que a população afectada é agrupada, nos relatórios, em função dos impactos, nos casos em que uma mesma povoação/freguesia ou conjunto de povoações/freguesias tenham dois ou mais problemas decorrentes da situação de seca, a informação relativa à população afectada aparece repetida. Para colmatar este problema, procurou-se identificar, sempre que possível, os valores incorrectos, por comparação com os valores de população residente indicados no INE (INE, 2010) para os lugares ou freguesias em causa. Quando os valores excediam os de população residentes nessas povoações/ freguesias, foram considerados os valores de população do INE, admitindo que toda a população dessa área foi afectada pelo problema em causa.

No final, foi efectuada uma compilação mensal dos valores referenciados nos relatórios quinzenais: no caso de se verificarem valores distintos de população afectada entre o relatório da primeira quinzena e o da segunda quinzena, se deveria optar sempre pelo valor mais elevado, de modo a caracterizar a situação de pico na afectação da população.

3. Análise de medidas

A identificação das medidas de mitigação adoptadas foi, igualmente, efectuada por concelho afectado, na região do Guadiana, tendo por base a informação disponível no período de referência de cada relatório quinzenal.

Em relação à avaliação específica das medidas convém destacar algumas notas fundamentais:

- em alguns concelhos foi possível encontrar uma diminuição da lista de medidas a adoptar, ao longo do tempo e um correspondente aumento da lista de medidas adoptadas, podendo admitir-se que a passagem das medidas a adoptar, para as medidas adoptadas, representou a efectiva implementação das mesmas;

- em alguns concelhos são sempre indicadas as mesmas medidas (adoptadas e/ou a adoptar) em todos os relatórios quinzenais, levantando dúvidas sobre o respectivo *timing* de implementação, ou até mesmo sobre a real aplicação das medidas em causa (em especial no caso das classificadas como “a adoptar”);

- noutros concelhos ainda, as listas de medidas adoptadas e a adoptar variam de relatório para relatório, parecendo corresponder às medidas consideradas e adoptadas apenas no período de referência do relatório em questão (15 dias);

- por fim, a informação relativa a medidas a adoptar em alguns concelhos permanece até Dezembro de 2005, altura em que terminou o acompanhamento da situação pela Comissão da Seca 2005, não sendo possível determinar se essas medidas foram ou não adoptadas e, em caso positivo, em que data.

Parecendo não existir um critério uniforme para a identificação das medidas, a análise efectuada passou, essencialmente, pela compilação da lista completa de medidas adoptadas em cada concelho e pela data em que deixaram de existir "medidas a adoptar".

Tal como para os impactos, a identificação de medidas adoptadas num dado mês, foi considerada quando havia referência às mesmas num dos relatórios quinzenais, pelo menos.

4. Resumo de impactos, população e medidas

Tendo por base a informação compilada segundo os critérios descritos, foi possível construir, para a bacia hidrográfica do Guadiana, um quadro resumo da evolução mensal de impactos, da população afectada e das medidas adoptadas, organizado por concelho (Tabela 3.18). Nos meses em que não há referência a qualquer um desses itens, os campos correspondentes foram deixados em branco.

Tabela 3.18: Quadro resumo da evolução mensal de impactos, população afectada e medidas adoptadas no sector do A. Urbano na seca de 2005 (Vivas *et al*, 2010).

Concelhos		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Portalegre	Impactos				n	n	n	n	n	n	n	n	n
	Pop. Afect.												
	Medidas				s	s	s	s	s	s	s	s	s
Arronches	Impactos			n		s	s	s	s	s	s	s	s
	Pop. Afect.												
	Medidas			s		s	s	s	s	s	s	s	s
Monforte	Impactos					n	n						
	Pop. Afect.												
	Medidas					s							
Campo Maior	Impactos			n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	Pop. Afect.												
	Medidas			s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
Elvas	Impactos			n	n	s	n						
	Pop. Afect.					1500							
	Medidas			s	s	s	s						
Borba	Impactos					n	s	s	s	s	s		
	Pop. Afect.												
	Medidas					s	s	s	s	s	s		
Vila Viçosa	Impactos					n	s	s	s	s	s	s	s
	Pop. Afect.												
	Medidas					s	s	s	s	s	s	s	s
Estremoz	Impactos				n	s							
	Pop. Afect.												
	Medidas				s	n							
Arraiolos	Impactos				n	s	s	s	s	s	s	s	s
	Pop. Afect.					3187	3987	3987	3987	3534	3534	3534	3488
	Medidas				s	s	s	s	s	s	s	s	s
Évora	Impactos				n	s	s						
	Pop. Afect.												
	Medidas				s	s	s						
Redondo	Impactos				s	s	s	s	s	s	s	s	s
	Pop. Afect.				6735	7000							
	Medidas				s	s	s	s	s	s	s	s	s
Alandroal	Impactos				n	s	s	s	s	s	s	s	s
	Pop. Afect.					1791	1966	1967	2222	2094	2094	2094	2094
	Medidas				s	s	s	s	s	s	s	s	s

Concelhos		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Reguengos de Monsaraz	Impactos			n	n	s		s	s	s		s	
	Pop. Afect.												
	Medidas			s	s	s		s	s	s		s	
Portel	Impactos						s	s	s	s	s	s	
	Pop. Afect.												
	Medidas						s	s	s	s	s	s	
Mourão	Impactos				n	n	n	n	n	s	s	s	s
	Pop. Afect.												
	Medidas				s	s	s	s	s	s	s	s	s
Barrancos	Impactos			n	n	s	s	s	s	s	s	s	
	Pop. Afect.												
	Medidas			s	s	s	s	s	s	s	s	s	
Moura	Impactos	n	?	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
	Pop. Afect.			779	780	7489	7489	8006	7368	16420	16420	16420	16420
	Medidas	s	?	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
Vidigueira	Impactos				n	n							
	Pop. Afect.												
	Medidas				s	s							
Cuba	Impactos			n	n	s	s	s	s	s		s	s
	Pop. Afect.												
	Medidas			s	s	s	s	s	s	s		s	s
Beja	Impactos			n	s	s	s	s	s	s	s	s	s
	Pop. Afect.					31540	33257	34977	34977	34977	34977	34977	34977
	Medidas		?	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
Serpa	Impactos			n	s	s	s	s	s	s	s	s	s
	Pop. Afect.				16178	16178	16178	16178	16178	16178	16178	16178	16178
	Medidas			s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
Mértola	Impactos	n	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
	Pop. Afect.		200	393	2592	5358	4935	5300	4829	5346	5000	5272	4500
	Medidas	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
Castro Verde	Impactos		s	n	s	s	s	s	s	s	s	s	s
	Pop. Afect.				713	5174	5637	4898	792	1932	1932	769	879
	Medidas		n	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
Ourique	Impactos			n	s	s	s	s	s				
	Pop. Afect.					476	1300	351	331				
	Medidas			s	s	s	s	s	s				
Almodôvar	Impactos			n	s	s	s	s	s	s	s	s	
	Pop. Afect.				3000	4400	4688	4702	7746	7746	7746	7746	
	Medidas			s	s	s	s	s	s	s	s	n	
Alcoutim	Impactos			s	s	s	s	s	s	s	s	s	
	Pop. Afect.			860	589	772	589	938	938	1053	1053	181	
	Medidas			s	s	s	s	s	s	s	s	s	
Loulé	Impactos			n	n		s	s	s	s	s	s	s
	Pop. Afect.						975	6135	6135	4975	55	145	55
	Medidas			s	s		s	s	s	s	s	s	s
S. Brás de Alportel	Impactos				n	n	n		n	n			n
	Pop. Afect.												
	Medidas				s	s	s		s	s			s
Tavira	Impactos				n	s		s		s			
	Pop. Afect.							?		18000			
	Medidas				s	s		s		s			
Castro Marim	Impactos					n	s	s	s	s			
	Pop. Afect.						200	442	435	100	130		
	Medidas					s	s	s	s	s			
Vila Real de Sto. António	Impactos					n	n	n	n	n	n	n	n
	Pop. Afect.												
	Medidas					s	s	s	s	s	s	s	s

Na Figura 3.26 são identificados os concelhos mais afectados da bacia hidrográfica do Guadiana, tomando como base a informação compilada na Tabela 3.18. Caso exista apenas a indicação em, pelo menos, um mês, de impactos ou medidas adoptadas no concelho, este é representado a amarelo. Caso exista, além desses impactos e/ou medidas, uma indicação de população afectada, é feita uma distinção (coloração laranja) dos concelhos em causa, admitindo-se que, pelo facto de existir mais informação em relação aos problemas ocorridos, estes concelhos possam ter sofrido impactos de seca mais significativos.



Figura 3.26: Representação espacial dos principais concelhos afectados (A. Urbano) na seca 2005 (Vivas *et al*, 2010)

Como conclusão, tendo por base os elementos descritos, a Tabela 3.18 e a Figura 3.26, é possível verificar que:

- na maioria das situações, as medidas foram adoptadas antes da ocorrência de impactos;
- de uma forma genérica, o número mais elevado de população afectada nos diferentes concelhos aconteceu entre Maio e Setembro de 2005;
- em praticamente todos os concelhos do Guadiana houve algum tipo de problema ou, pelo menos, foram adoptadas medidas preventivas, durante a Seca de 2005.

Além da avaliação descrita, foram ainda analisados, para o abastecimento urbano, os níveis de intervenção associados às diferentes medidas de prevenção e mitigação adoptadas, segundo o disposto no Programa de Acompanhamento e Mitigação dos Efeitos da Seca 2005, publicado na Resolução do Conselho de Ministros n.º 83/2005. Nesse documento são descritos os seguintes níveis de intervenção:

"**Nível 1** – Ausência de sinais prenunciadores de seca persistente. Adopção de medidas de sensibilização para o uso eficiente da água;

Nível 2 – Detecção de sinais prenunciadores de seca persistente. Entrada em "Alerta de seca" e desencadeamento de *medidas voluntárias*, dinamizadas pelas Entidades Gestoras de sistemas de abastecimento de água, com o apoio do Grupo de Acompanhamento e Coordenação do Programa de Mitigação e Efeitos de Seca;

Nível 3 – Persistência e agravamento de situações de seca. Imposição de medidas restritivas de alguns usos da água;

Nível 4 – Persistência e agravamento da situação de seca que originam rupturas nos serviços de abastecimento, o que imporá a tomada de *medidas de carácter excepcional*."

Tendo por base esta classificação, foram analisadas as medidas indicadas como efectivamente adoptadas, por concelho, tendo sido atribuída a classificação correspondente, de acordo com o disposto no RCM nº 83/2005. Desta forma foi possível identificar o nível máximo de intervenção adoptado em cada concelho de acordo com o nível mais elevado das medidas descritas como adoptadas em cada mês, bem como a respectiva evolução temporal (Tabela 3.19). Saliente-se que, no documento legal em causa (RCM nº 83/ 2005) não são contempladas algumas das medidas que foram efectivamente adoptadas, pelo que se adoptou o seguinte critério clarificador, de acordo com as descrições gerais das medidas referenciadas:

- Aquisição de material de emergência – **nível 1**
- Elaboração de planos de contingência – **nível 1**
- Realização de infra-estruturas de retenção em anos de chuva – **nível 1**
- Criação de linha telefónica de apoio ao consumidor – **nível 1**
- Limpeza de furos – **nível 1**
- Antecipação de medidas adoptadas no Verão – **nível 2**
- Recarga de pontos de água de apoio ao combate a incêndios florestais – **nível 2**
- Torneiras redutoras de consumo em fontanários públicos – **nível 2**
- Adequação de procedimentos em piscinas municipais – **nível 3**
- Encerramento de fontanários – **nível 3**
- Encerramento de piscinas – **nível 3**
- Reactivação de furos – **nível 3**
- Colocação de reservatórios para uso da população – **nível 4**

- Instalação de drenos nos leitos dos rios – **nível 4**
- Execução de novos furos – **nível 4**

Tabela 3.19: Quadro resumo da evolução mensal dos níveis das medidas adoptadas (A. Urbano) na seca de 2005 (Vivas *et al*, 2010)

Concelhos	Nível de medidas adoptadas (A. Urbano) - Seca 2005											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Portalegre				1	3	3	3	3	3	3	3	3
Arronches			1		4	4	4	4	4	4	4	4
Monforte					3							
Campo Maior				3	3	3	3	3	3	3	3	3
Elvas				3	3	3						
Borba					3	3	2	3	3	3		
Vila Viçosa					3	3	3	3	2	3	3	3
Estremoz				1								
Arraiolos					4	4	4	4	4	4	4	4
Évora					3	3		3				
Redondo				2	2	2	2	2	2	2	2	2
Alandroal					1	2	4	4	4	4	4	4
Reg. de Monsaraz				1	1		1	2	1		2	
Portel						1	2	1	2	2	2	
Mourão				1	4	4	4	4	4	4	4	4
Barrancos				4	4	4	4	4	4	4	2	
Moura			4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Vidigueira									2			
Cuba				1	3	3	3	3	3			
Beja				4	4	4	4	4	4	4	4	4
Serpa				4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mértola		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Castro Verde				4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ourique					4	4	4	4				
Almodôvar				4	4	3	4	3	4	4		
Alcoutim			4	4	4	4	4	4	4	4	2	
Loulé				2		2	4	4	4	4	4	4
S. Brás de Alportel					4	4		4	4	4		4
Tavira					2		4		4			
Castro Marim					4	3	3	4	4			
V.R. Sto. António					1	1	1	1	1	4	2	2

Como se verifica por análise da Tabela 3.19, em Maio de 2005, já tinham sido adoptadas medidas de Tipo 4, consideradas de carácter excepcional, em quase metade dos concelhos da parte portuguesa do Guadiana. Para uma análise mais detalhada dos principais impactos ocorridos neste sector, por concelho, bem como das medidas adoptadas e, ainda, de alguns custos associados às mesmas deverão ser consultados os elementos constantes do Anexo 1 (Vivas *et al*, 2010).

3.4 Definição da zona de estudo.

3.4.1 Selecção da zona modelo a estudar

No âmbito do projecto SPGS foi considerada como base geográfica de desenvolvimento (regiões piloto) a área portuguesa da bacia do Guadiana e, ainda, a área da região hidrográfica das Ribeiras do Algarve. Porém, na presente tese foi considerada uma área de estudo mais restrita, na área portuguesa da bacia hidrográfica do Guadiana, correspondente à área delimitada, a montante, pela fronteira entre Portugal e Espanha e, a jusante, pelo limite hidrográfico correspondente à secção da barragem de Alqueva (salientado na Figura 3.27).

A definição dessa área teve como objectivo permitir uma simplificação do desenvolvimento do procedimento base de avaliação e gestão de situações de seca e escassez, ainda que atendendo às características globais mais representativas da bacia hidrográfica do Guadiana. De facto, atendendo ao descrito no ponto 3.3.5 é possível concluir que:

- em termos climáticos a área da bacia apresenta características relativamente homogéneas, quer na parte espanhola, quer na parte portuguesa, sendo de realçar os baixos níveis de precipitação, a sua significativa irregularidade temporal e os elevados níveis de evapotranspiração potencial;
- por se tratar de uma bacia partilhada entre Portugal e Espanha, assumem particular importância, para a gestão de recursos hídricos, na parte portuguesa, as afluências provenientes de Espanha;
- assumem, ainda, particular importância as origens de água superficiais (albufeiras), pelos níveis de volumes disponibilizados, e também, a um nível mais localizado, as captações subterrâneas, em especial nos principais sistemas aquíferos da região;
- o EFMA vem introduzir uma alteração muito significativa na gestão de recursos hídricos da parte portuguesa da bacia do Guadiana;
- as utilizações mais significativas da água na região são destinadas ao abastecimento urbano e à agricultura, em especial para fins de regadio.

Além disso, tal como se pode comprovar pela Figura 3.27, verifica-se que, no que toca a origens de água, existe uma especial concentração das mesmas a montante da albufeira de Alqueva, incluindo alguns dos principais aproveitamentos hidráulicos e sistemas aquíferos da bacia do Guadiana, bem como a própria albufeira do Alqueva. No que toca às utilizações, esta área possui alguns perímetros públicos de rega importantes (Caia, Lucefecit, Vigia, São Manços) e ainda as principais redes de distribuição de abastecimento urbano, incluindo alguns centros urbanos relevantes, sendo Évora (capital de distrito) o mais importante. Além disso, parte do sistema EFMA, associada à albufeira do Alqueva, surge integrada nessa área da análise. Por fim, a albufeira do Alqueva, constitui o principal elemento de dependência das afluências espanholas, uma vez que as mesmas são consideravelmente relevantes para o enchimento dessa albufeira e, consequente, para a reserva estratégica de água na região.

A zona modelo seleccionada foi, então, considerada representativa da gestão de recursos hídricos da bacia do Guadiana e do futuro paradigma da gestão de recursos hídricos da região, com a operação plena do EFMA, servindo de base aos desenvolvimentos de avaliação e gestão de situações de seca e de escassez que se pretendem levar a cabo.

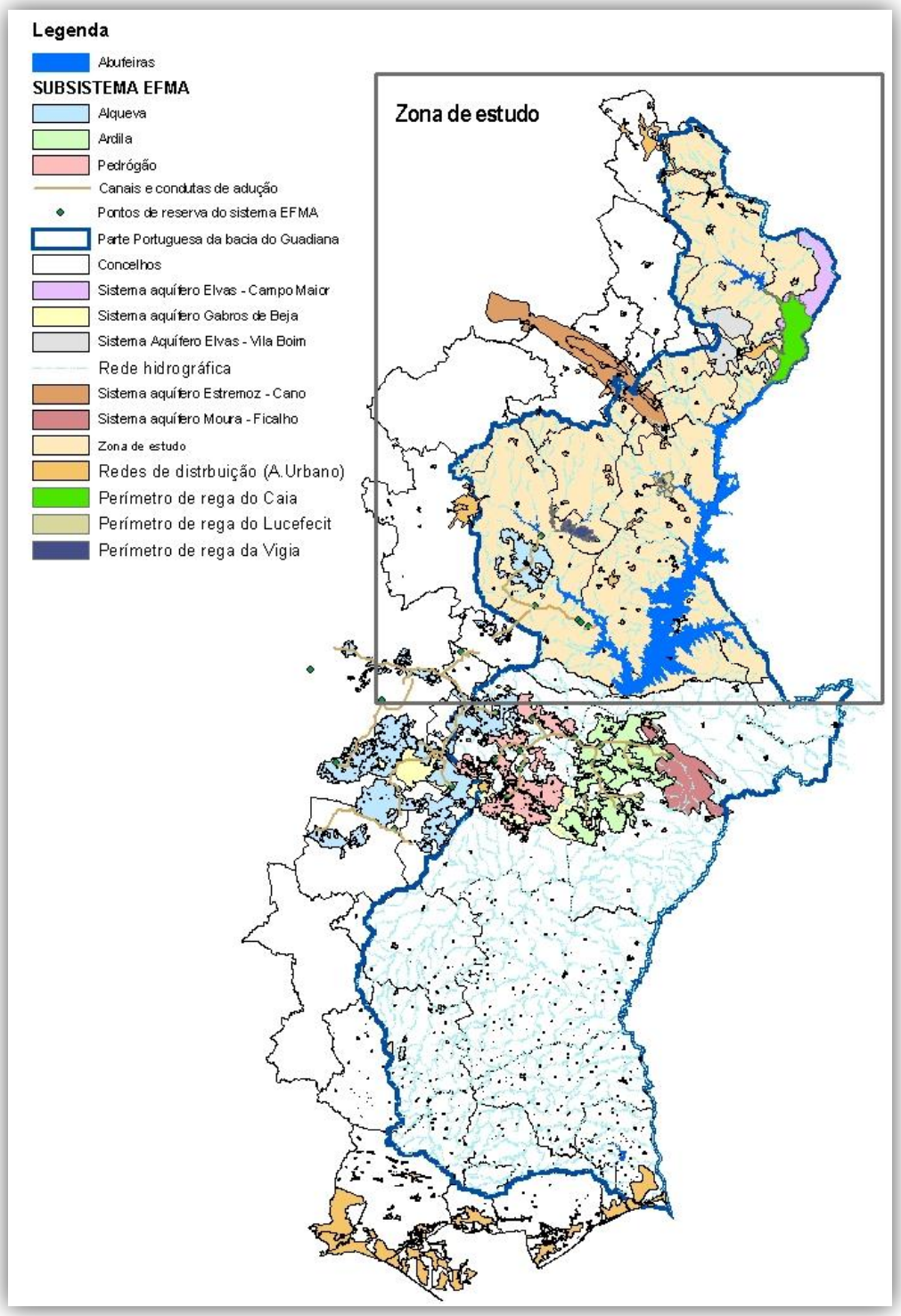


Figura 3.27: Caracterização das principais origens de água, utilizações (redes de distribuição – A. Urbano e perímetros de rega), na parte portuguesa da bacia do Guadiana. Identificação da zona de estudo considerada (Adaptado de SNIRH, 2010a).

3.4.2 Definição de unidades espaciais de análise e de gestão de recursos hídricos (UAG)

Os múltiplos usos da água obrigam a uma integração das diversas utilizações, tanto no espaço como no tempo, devendo ser compatibilizadas as lógicas e dinâmicas próprias de cada sector. Nesse sentido é seguido, actualmente, o conceito de Gestão Integrada de Recursos Hídricos, que surge da necessidade de, no processo de tomada de decisão, se evitar a fragmentação da gestão da água segundo os diferentes sectores utilizadores ou a separação do planeamento e da gestão dos usos do solo, principais condicionantes do uso da água (Louka, 2008), destacando a importância do respeito pelos limites hidrográficos naturais (GWP, 2000), isto é, pelas linhas de separação das águas.

Tal como concluído anteriormente[79], a própria Directiva-Quadro da Água - DQA (Directiva 2000/60/CE) estabelece, como um dos seus pilares principais, a consideração da bacia hidrográfica como unidade base de gestão de recursos hídricos, segundo a lógica de que a água, enquanto recurso, deve ser tratada como um todo e atendendo às suas fronteiras naturais – a bacia hidrográfica (Barreira & Kallis, 2004).

Por outro lado, as situações de seca, apesar de terem início com a afectação das condições de precipitação, tornar-se-ão situações problemáticas, e potencialmente desastrosas, de acordo com os impactos que possam vir a ser provocados nas actividades económicas, populações e ecossistemas das regiões afectadas (Wilhite & Buchanan-Smith 2005).

Assim, a escala espacial de avaliação de situações de seca e escassez a considerar deverá ser a de bacia hidrográfica, atendendo às características das principais utilizações existentes e dos sistemas que possibilitam a mobilização dos volumes de água disponíveis.

De facto, se a avaliação da precipitação permite identificar as origens de água que podem ser afectadas, as utilizações que lhes estão alocadas não se encontram, normalmente, no mesmo espaço físico, levando a que a ocorrência de impactos possa ter lugar de forma dispersa e numa área mais vasta que a afectada pela redução das condições de precipitação (Wilhite & Buchanan-Smith, 2005).

Consequentemente, a gestão de uma situação de seca implica o estabelecimento de uma clara correlação entre a localização das principais áreas afectadas, e as medidas passíveis de serem adoptadas por parte das entidades responsáveis.

Nesse contexto considera-se que, para a definição de unidades de avaliação e gestão (UAG) de situações de seca, de acordo com as próprias especificidades e enquanto ramo específico da gestão de recursos hídricos, deverão ser tomadas em conta: (i) a escala de bacia hidrográfica como unidade de gestão integrada; (ii) a escala adequada à avaliação de vulnerabilidades face a situações de seca; e, ainda, (iii) a escala adequada à gestão operacional das mesmas.

De facto, segundo o descrito em MEDROPLAN (2007) deverão ser definidas unidades de gestão que podem corresponder a:

[79] Ver pontos 1.4 e 1.5.

- áreas de bacia hidrográfica, segundo o disposto na DQA, para a qual deverá estar associado um plano de gestão incluindo a definição de procedimentos específicos para gestão do risco de seca;

- áreas interligadas por sistemas de abastecimento de água, para as quais deverão ser definidos procedimentos para evitar situações de emergência (planos de contingência);

- regiões administrativas, como por exemplo concelhos, para as quais esteja prevista a realização de um planeamento de emergência para situações de seca.

Esses mesmos princípios são reflectidos no sistema espanhol de avaliação de situações de seca, descrito de forma genérica para a parte espanhola da bacia do Guadiana[80], verificando-se que a correspondente definição de zonas de avaliação e gestão (segundo *Sistemas de Explotación* e zonas homogéneas[81]), foi efectuada de acordo com a relevância das utilizações e origens aí existentes. Para a definição dessas zonas foram considerados os mesmos critérios que serviram de base à análise das utilizações, no âmbito da elaboração dos respectivos planos hidrológicos para as diferentes bacias hidrográficas (CHG, 2007), nomeadamente as características da infra-estrutura existente (albufeiras, captações subterrâneas, etc.), os transvases entre zonas e subzonas e ainda a localização geográfica das principais utilizações.

Nesse sentido, para delimitação de unidades espaciais de análise e gestão de situações de seca, foram considerados três vectores principais na gestão de recursos hídricos, para auxiliar a delimitação dessas áreas: (i) principais utilizações, (ii) origens e (iii) entidades responsáveis, que são devidamente descritos nos pontos seguintes (Vivas *et al*, 2010).

3.4.2.1 Principais utilizações

Pela caracterização efectuada para as principais utilizações existentes na região[82], serão consideradas como utilizações mais relevantes para a gestão de recursos hídricos da bacia do Guadiana e, também, para a avaliação e gestão de situações de seca e de escassez nessa região: o abastecimento urbano e a agricultura.

Abastecimento Urbano

No que toca ao abastecimento urbano é possível verificar, através das manchas das redes de distribuição (INAG, 2009) que existe uma certa concentração em pequenos núcleos urbanos, maioritariamente correspondentes às sedes de concelho (Figura 3.28). Este facto vem salientar o carácter algo disperso dos sistemas de distribuição existentes na zona em estudo, bem como a reduzida expressão do mesmo face à área em questão, fruto também dos reduzidos níveis de densidade populacional característicos da bacia do Guadiana.

Em relação ao abastecimento urbano, a definição das unidades de análise procurou, assim, ter em conta a delimitação dos "sistemas de abastecimento" - que correspondem, não só

[80] Ver pontos 2.2.4 e 3.3.4.
[81] Figuras 3.12 e 3.13, respectivamente.
[82] Ver ponto 3.3.5.

às redes de abastecimento indicadas, (gestão "em baixa"), mas também às captações de água e adutoras (gestão "em alta"). Na Figura 3.28 surgem identificados os principais sistemas de abastecimento e o posicionamento relativo face às origens de água da zona em estudo.

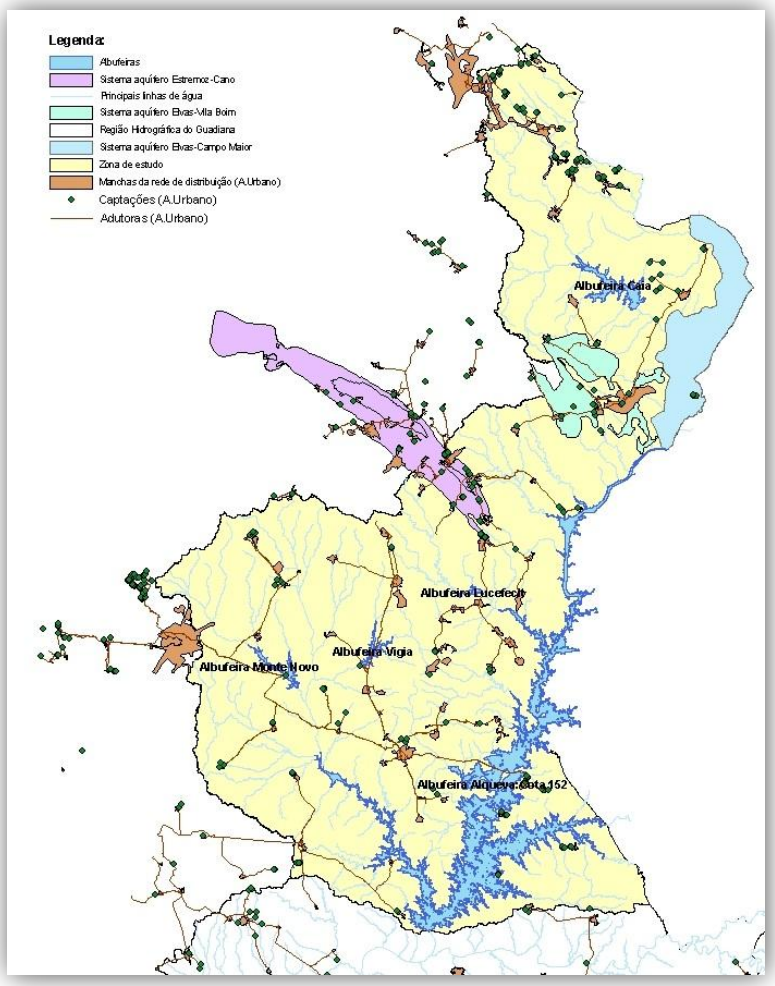


Figura 3.28: Identificação dos sistemas de abastecimento urbano da zona em análise (INAG, 2009; SNIRH, 2010a).

Agricultura

As culturas de sequeiro continuam a ser uma das ocupações mais características da bacia do Guadiana, pelo que foi feita a sua caracterização genérica (em termos de ocupação do solo) de acordo com os dados do *Corine Land Cover* 2006 (Caetano *et al*, 2009), tendo sido consideradas de sequeiro as áreas alocadas às categorias identificadas naquele estudo como: (i) culturas temporárias de sequeiro, (ii) pastagens permanentes e (iii) culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes. Todavia, tal como se pode verificar pela Figura 3.29 a considerável dispersão dessas áreas, de forma relativamente homogénea por toda a zona de estudo levou a que esta actividade não fosse considerada relevante para a diferenciação e delimitação de unidades de análise, não obstante a sua importância para a caracterização da região.

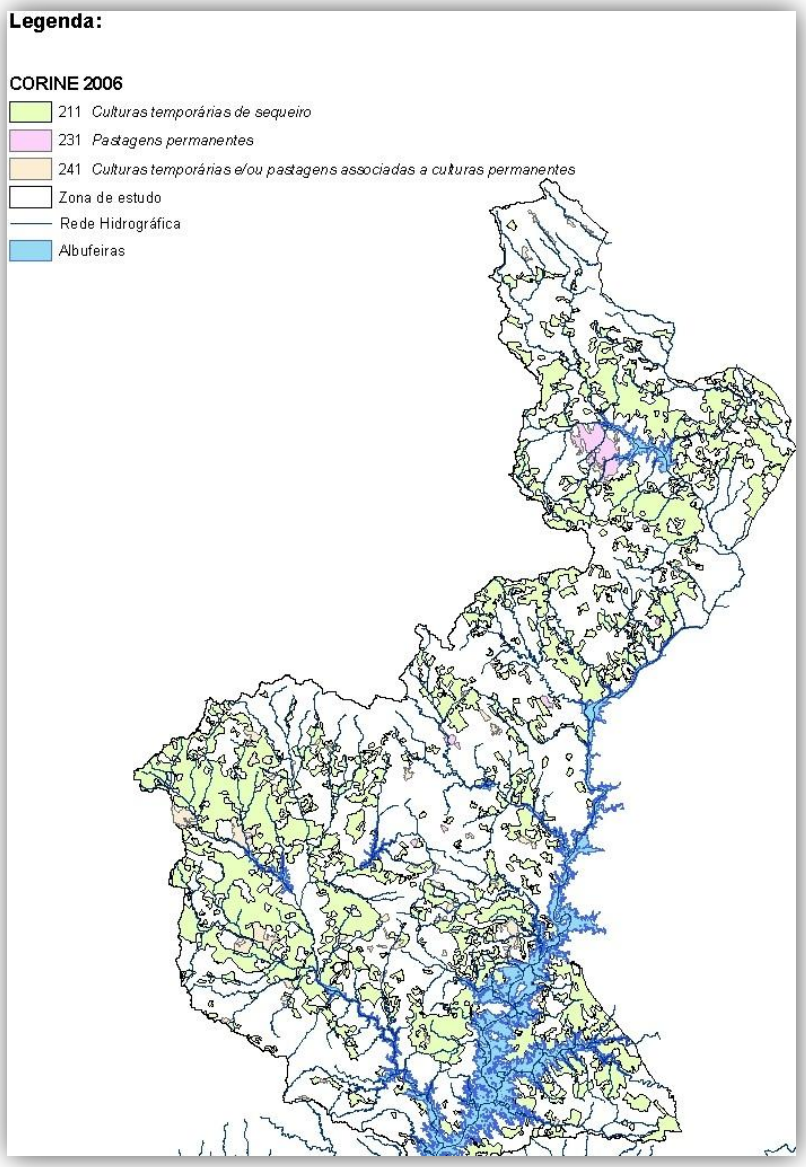


Figura 3.29: Localização das principais áreas de sequeiro na zona modelo em estudo (Caetano *et al*, 2009; SNIRH, 2010a)

Assim, considerou-se, numa primeira análise, que o critério principal a ter em conta para a definição das unidades de análise, atendendo ao sector agrícola, deveria ser o regadio existente. Para o efeito, foi avaliada a existência de regadio público (fonte de água colectiva) – representado pelos aproveitamentos hidroagrícolas públicos - e de regadio privado (origens de água de gestão privada como poços, furos, charcas e pequenas barragens).

Desta forma, procurou-se que, relativamente à localização do regadio público, as unidades de análise delimitassem pelo menos um aproveitamento hidroagrícola e, assim, fossem caracterizadas por uma fonte de água superficial e colectiva (considera-se que o recurso a águas subterrâneas é exclusivo do âmbito privado) (Figura 3.30).

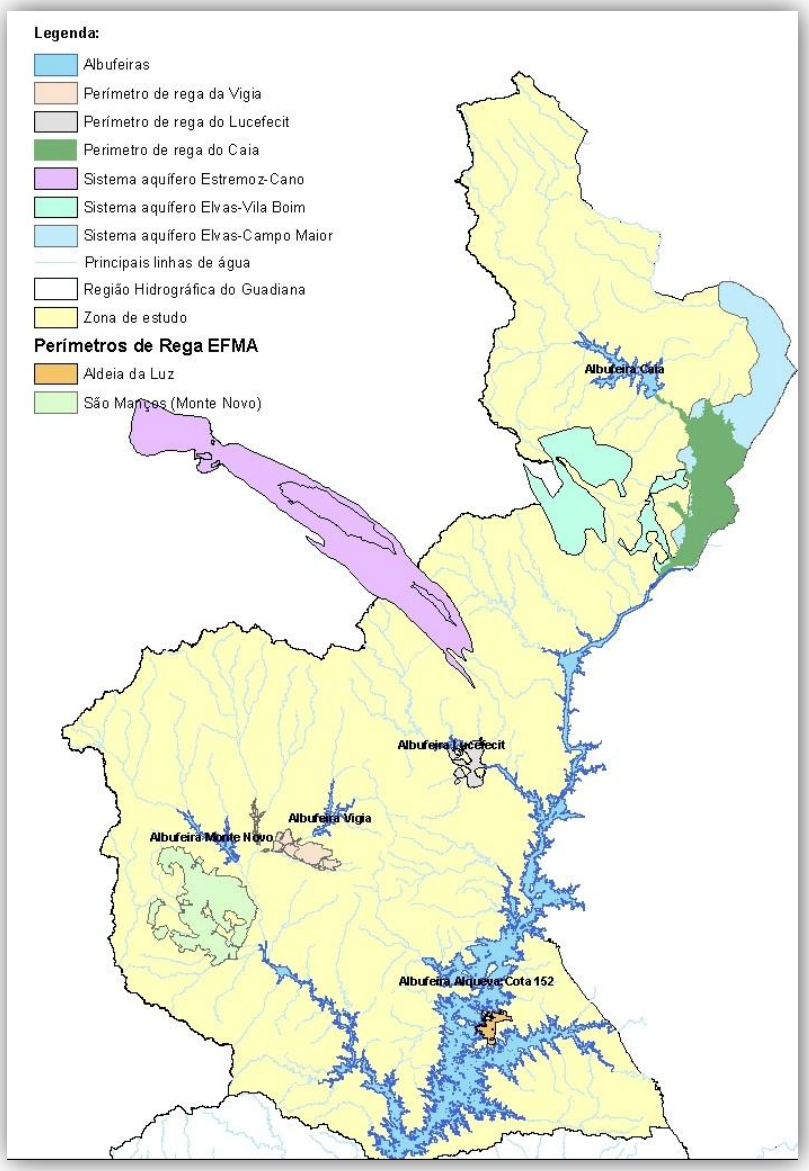


Figura 3.30: Localização dos principais aproveitamentos hidroagrícolas na zona em estudo (DGADR, 2009; SNIRH, 2010a)

Por sua vez, o regadio privado assume contornos mais particulares na medida em que é caracterizado por uma dispersão espacial muito heterogénea, à qual está associado um elevado grau de incerteza quanto à ocupação cultural e fonte de água utilizada, essencialmente pequenas albufeiras e água subterrânea (através de charcas e furos). Para o regadio privado, à semelhança do efectuado para o sequeiro, foram considerados, como base, os dados de ocupação do solo do *Corine Land Cover* 2006 (Caetano *et al*, 2009), analisando as categorias de ocupação do solo: (i) culturas temporárias de regadio, (ii) arrozais, (iii) vinhas, (iv) pomares e (v) olivais (Figura 3.31). A consideração de que as culturas permanentes (vinhas, pomares e olivais) são todas regadas corresponde, de forma genérica à realidade actual da região (Serralheiro *et al*, 2010). Importa notar, ainda, que as áreas de regadio de iniciativa privada corresponderão às áreas regadas que estão fora dos perímetros referentes aos principais aproveitamentos hidroagrícolas (Caia, Lucefecit, Vigia e Monte Novo), também identificadas na Figura 3.31.

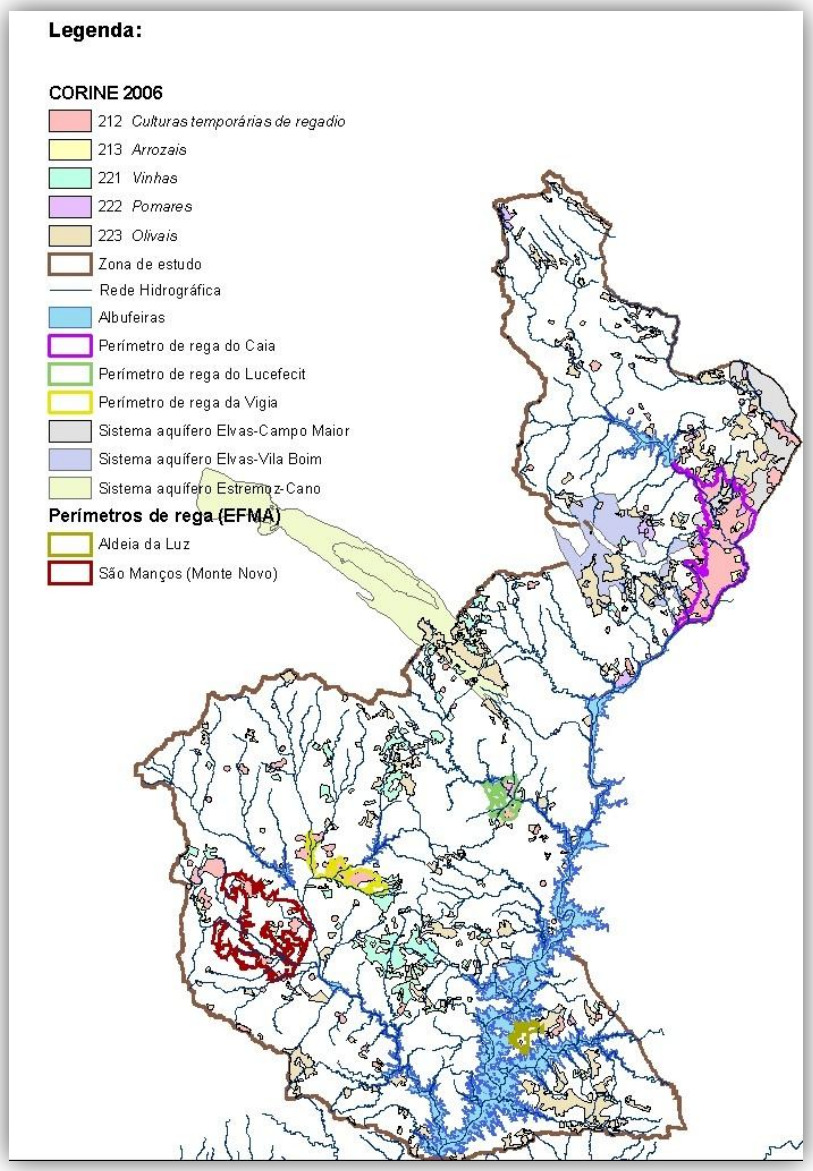


Figura 3.31: Identificação das principais áreas de regadio existentes na zona de estudo (Caetano *et al*, 2009; DGADR, 2009; SNIRH, 2010a).

3.4.2.2 Principais origens

Em termos de principais origens de água superficial, podem identificar-se as albufeiras do Caia (fins múltiplos), Lucefecit (rega), Vigia (fins múltiplos), Monte Novo (abastecimento urbano) e a albufeira do Alqueva (fins múltiplos), identificadas na Figura 3.32.

Em relação às águas subterrâneas os principais sistemas aquíferos são: Elvas-Campo Maior, Elvas-Vila Boim e Estremoz-Cano, igualmente identificados na Figura 3.32, que representam importantes origens de água subterrânea para rega e abastecimento urbano.



Figura 3.32: Principais origens de água (superficiais e subterrâneas) (SNIRH, 2010a).

Na zona em estudo existem ainda algumas captações na área indiferenciada do Maciço Antigo (correspondente a toda a área da região em estudo localizada fora dos sistemas aquíferos identificados), de mais baixa produtividade, mas com significativas utilizações, quer para rega, quer para abastecimento urbano. Refira-se, ainda, a existência de um elevado número de pequenas albufeiras, tal como analisado no ponto 3.3.5, a partir de dados da ARH-Alentejo (ARH-Alentejo, 2010), provavelmente destinadas ao regadio de iniciativa privada. Todavia, em ambos os casos (captações subterrâneas e pequenas albufeiras) não foi possível obter a respectiva informação georreferenciada, para localização exacta de todas essas estruturas.

3.4.2.3 Principais entidades responsáveis pela gestão de recursos hídricos

Tal como devidamente analisado no ponto 1.5.2, segundo o disposto na Lei 58/2005 de 29 de Dezembro (Lei da Água), as principais entidades com responsabilidades na gestão de recursos hídricos na área de análise são o Instituto da Água, I.P. e a Administração de Região Hidrográfica – Alentejo, I.P.

O INAG, I.P., autoridade nacional da água, representa o Estado como garante da política nacional das águas, nos diversos domínios, sendo, no caso da gestão de secas, a entidade responsável pela declaração de situação de alerta e pelo despoletar, em articulação com as

entidades competentes e principais utilizadores, do processo de implementação de medidas de informação e de actuação. Como tal, a respectiva área de actuação será o território nacional, mais abrangente.

A ARH-Alentejo, I.P., responsável pela elaboração e execução dos planos de gestão e específicos do Guadiana, Sado e Mira, bem como pela definição e aplicação dos respectivos programas de medidas terá, como área de actuação, a correspondente às bacias hidrográficas do Guadiana (parte portuguesa), do Sado e do Mira.

Por outro lado, tal como descrito no ponto 1.6.1, a Comissão de Gestão de Albufeiras (CGA), devido às suas atribuições de órgão permanente de intervenção e acompanhamento da gestão de albufeiras (Decreto-Lei nº 21/98 de 3 de Fevereiro) também deverá estar envolvida na gestão de situações de seca, abrangendo a regulação dos principais empreendimentos hidráulicos do país (nível Nacional). Não obstante, a gestão desses empreendimentos implicará, ainda, a tomada de decisões e a adopção de medidas ao nível da exploração dos mesmos, pelo que as áreas de influência respectivas corresponderão às áreas definidas pelas utilizações associadas, de acordo os critérios apontados no ponto 3.4.2.1.

Por fim, nas situações mais graves, a Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC), tendo como missão planear, coordenar e executar a política de protecção civil (Decreto-Lei nº 75/2007 de 29 de Março), irá levar a cabo a protecção e socorro de populações em situações de emergência. Sendo essas acções desencadeadas, a nível distrital, pela figura do Governador-Civil que, por sua vez, irá promover a aplicação das mesmas através dos presidentes das Câmaras Municipais dos concelhos afectados, fixa o nível municipal como base operacional de actuação em situação de emergência.

Além destas instituições, existem ainda as entidades gestoras das principais utilizações, nomeadamente para o sector do abastecimento urbano e para a parte agrícola, no regadio público, correspondentes às associações de regantes.

No caso do abastecimento urbano "em alta", verifica-se a existência de sistemas multimunicipais que procuram promover uma gestão integrada das diferentes origens disponíveis ao nível dos municípios abrangidos. As empresas do grupo Águas de Portugal, S.A., presentes na zona de estudo são: as Águas do Norte Alentejano, S.A. (responsável pela gestão em alta do abastecimento de água dos municípios de Portalegre, Monforte, Arronches, Campo Maior e Elvas) e a Águas do Centro Alentejo, S.A. (responsável pela gestão em alta do abastecimento de água dos municípios de Borba, Alandroal, Redondo, Évora, Reguengos de Monsaraz e Mourão). Refira-se, ainda, a gestão em alta levada a cabo pela C.M. de Vila Viçosa, único município da zona de estudo que não está integrado num sistema multimunicipal. Por outro lado, a gestão das redes de abastecimento "em baixa" é normalmente assegurada ao nível de município/ concelho.

No caso do regadio público, a gestão é assegurada por associações de beneficiários ou de regantes, enquanto pessoas colectivas de direito público, sujeitas a reconhecimento formal pelo Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas (de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 84/82, de 4 de Novembro e posteriormente reformulado pelo Decreto Lei 69/92 de 27 de Abril de 1992). A função dessas associações é determinante para assegurar o uso equitativo da água no aproveitamento hidroagrícola, definindo a alocação dos volumes de água, no início de cada campanha de rega, de acordo com as disponibilidades na albufeira, e tendo,

também, em conta a dependência ou não de sistemas de abastecimento urbano a partir dessas albufeiras. No caso particular do EFMA, as dependências funcionais dos vários subsistemas (Alqueva, Pedrogão e Ardila) deverão conduzir à criação de estruturas de gestão que permitam a coordenação das disponibilidades e consumos. Neste caso, a responsabilidade de gestão estará a cargo da empresa EDIA, S.A. que se coordenará com as associações dos vários aproveitamentos hidroagrícolas beneficiários destes subsistemas de rega.

No caso do regadio privado, a exploração dos recursos hídricos disponíveis, efectuada pelos proprietários das explorações agrícolas depende, na maioria das vezes, do acesso que aqueles têm a esses recursos e da disponibilidade das origens respectivas (pequenas albufeiras, furos ou charcas). Não obstante, a sua actuação individual influenciará, de forma mais significativa, as disponibilidades existentes nos principais sistemas aquíferos[83].

3.4.2.4 Proposta de unidades de análise e gestão e respectiva caracterização

Atendendo a que as situações de seca conduzem a uma afectação do ciclo hidrológico de uma dada região, optou-se por considerar que as diferentes unidades de análise e gestão (UAG) deveriam resultar de uma compatibilização/ agregação de sub-bacias hidrográficas. Além disso, foram também considerados os seguintes factores de delimitação das referidas unidades de análise e gestão: (i) respeitar a delimitação dos aquíferos; (ii) minimizar os casos em que sistemas de abastecimento pertencessem a diferentes UAG; (iii) agrupar na mesma UAG as origens de água e a área beneficiada por um dado aproveitamento hidroagrícola; e (iv) ter em conta outras singularidades da bacia tais como o Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) (Vivas *et al*, 2010a).

Desta forma, foi estabelecida uma divisão da zona de estudo segundo três unidades de análise e gestão distintas, delimitadas na Figura 3.33. Não obstante, uma vez que a aplicação de medidas em situação de emergência e de protecção civil, nos casos de seca mais extremos, será assegurada pelas Câmaras Municipais, ao nível da gestão operacional, poderá, ainda, vir a ser considerada uma subdivisão interna destas UAG, segundo os limites dos municípios abrangidos[84].

De acordo com os principais factores considerados para a definição das UAG, apresenta-se ainda, em seguida, uma descrição das três UAG propostas, enfatizando as principais origens de água e utilizações existentes em cada uma dessas unidades. É importante referir, que, ao nível das origens de água para as diferentes utilizações, existem ainda, de forma dispersa nas UAG definidas, pequenas albufeiras para o regadio de iniciativa privada, bem como um número significativo de captações, algumas para abastecimento urbano (integradas em sistemas públicos) e outras para rega (privada), na área indiferenciada do Maciço Antigo.

[83] Este tópico será descrito em mais detalhe nos pontos 4.3.2 e 4.5.2.

[84] Em desenvolvimentos futuros.

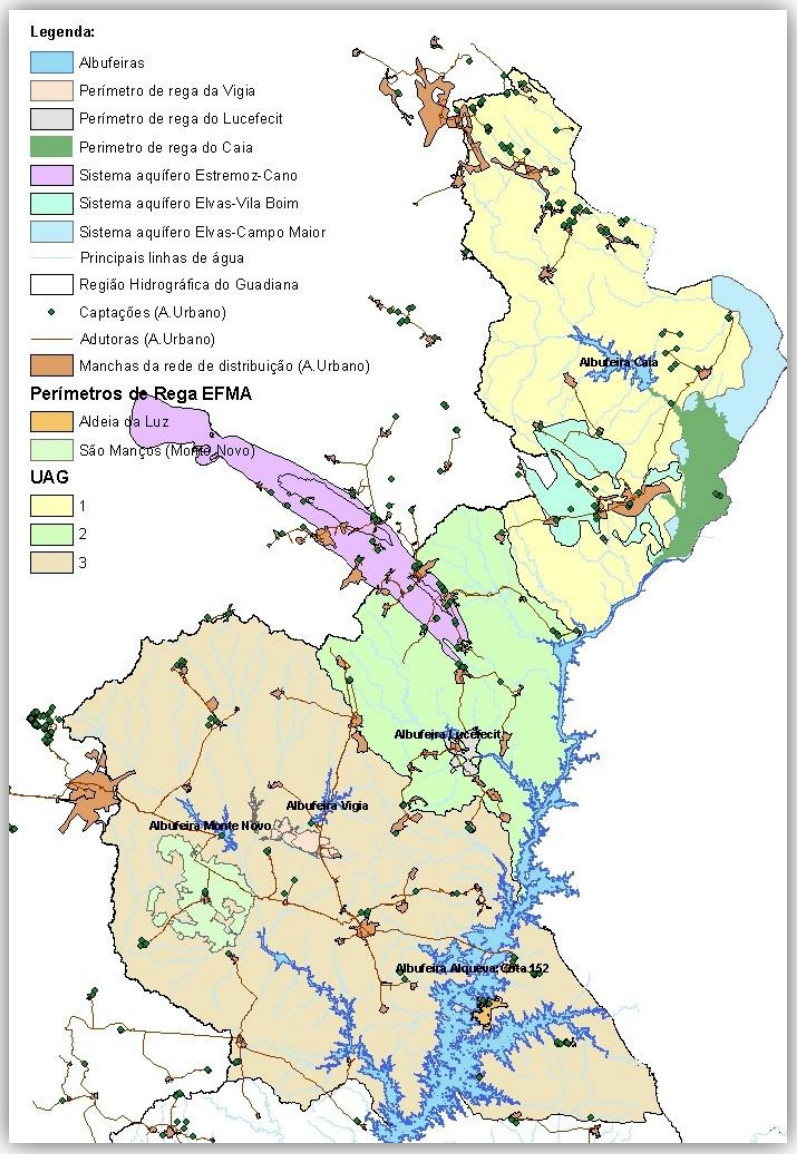


Figura 3.33: Unidades de análise e gestão (UAG) propostas para a zona de estudo (adaptado de SNIRH, 2010a)

Unidade de análise e gestão 1 (UAG1)

A UAG1 é delimitada pela fronteira entre Portugal e Espanha a Este, pelo limite da bacia hidrográfica do Guadiana a Oeste e, ainda, pelo limite mais a Sul da bacia hidrográfica da ribeira de Mures. Para além de vários sistemas de abastecimento urbano, identificados pelas captações, adutoras e respectivas manchas correspondentes às redes de distribuição existentes, esta UAG inclui o aproveitamento hidroagrícola do Caia. Como principais origens de água, podem identificar-se a albufeira do Caia (fins múltiplos), e os sistemas aquíferos de Elvas-Campo Maior e de Elvas-Vila Boim (rega e abastecimento urbano), além da área indiferenciada do Maciço Antigo. Na Figura 3.34 são identificados os principais elementos que serviram de base à delimitação desta UAG, procurando agregar os diferentes sectores utilizadores segundo a

localização das respectivas origens e o local onde, fisicamente, essas utilizações se encontram sediadas.

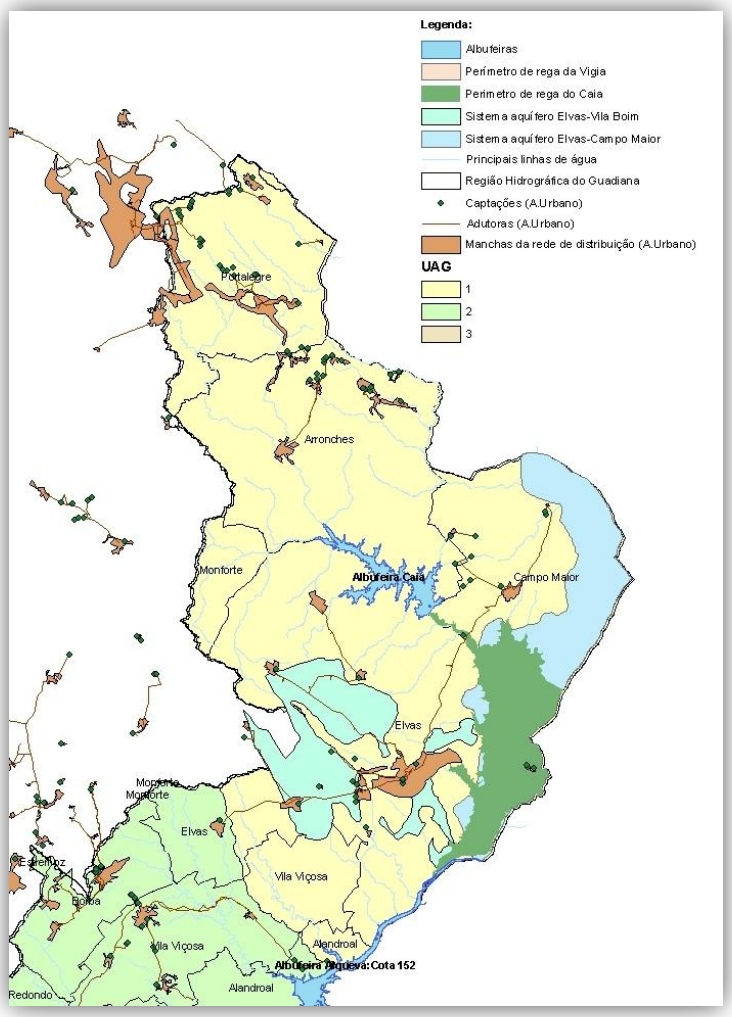


Figura 3.34: Localização das principais origens e utilizações que serviram de base à delimitação, segundo limites de sub-bacia hidrográfica, da UAG1 (DGADR, 2009; INAG, 2009; SNIRH, 2010a)

No que toca à importância das utilizações associadas às origens de água desta região foi efectuada uma caracterização por sector utilizador. No caso do abastecimento urbano são apresentados os dados mais recentes do INSAAR, nomeadamente no que toca aos volumes captados nas origens existentes nesta área (INAG, 2009). Por sua vez, no que diz respeito à agricultura, foram considerados os valores quantificados pela U.Évora, na avaliação efectuada no âmbito do projecto SPGS (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b). Esses valores encontram-se resumidos, para a UAG 1, na Tabela 3.20.

Tabela 3.20: Consumos associados às origens de água da UAG1, por sector utilizador.

UAG 1			Utilizações associadas		Total (hm³)
			A. Urbano	Rega	
Origens	Sup.	Albufeira Caia	2,39	29,91*	32,30
		Pequenas albufeiras	-	9,72	9,72
	Sub.	Aquífero Elvas-Campo Maior	~0	5,35	5,35
		Aquífero Elvas –Vila Boim	0,23	1,04	1,27
		Maciço Antigo Indiferenciado	0,61	15,92	16,53
Total (hm³)			3,23	61,94	65,17

* Média no período de 1997/98 a 2008/09 (adaptado de Serralheiro *et al*, 2010)

Importa ainda referir que, também segundo dados da U.Évora (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b), nesta UAG, a área referente a culturas de sequeiro e pastagens é de 56.011 ha. Por sua vez, as áreas de regadio total são cerca de 13.400ha, corresponde aproximadamente 6.000ha ao perímetro de rega do aproveitamento hidroagrícola do Caia (regadio público) e, 7.400ha a áreas de regadio privado[85].

Unidade de análise e gestão 2 (UAG2)

A UAG2 é delimitada pela fronteira entre Portugal e Espanha a Este (coincidindo com o leito do próprio rio Guadiana), bem como pelo limite da bacia hidrográfica do Guadiana a Oeste e, ainda, pelo limite da UAG1, da sub-bacia hidrográfica da ribeira de Mures a Norte e mais a Sul pela linha limite da bacia hidrográfica da ribeira de Lucefecit. Na UAG2, segundo os mesmos critérios seguidos na definição da UAG1 (ver Figuras 3.34 e 3.35), está incluído o aproveitamento hidroagrícola do Lucefecit e respectivo perímetro, bem como os principais sistemas de abastecimento urbano. No que toca às origens de água, de referir, além da albufeira do Lucefecit (rega), o sistema aquífero de Estremoz-Cano (rega e abastecimento urbano) e ainda a área indiferenciada do Maciço Antigo. Na Figura 3.35 são representadas as principais origens e utilizações existentes na UAG 2.

Além disso, tal como descrito para a UAG1, foi efectuada uma caracterização dos principais consumos associados a cada origem de água, resumidos na Tabela 3.21.

[85] A discretização das áreas indicadas segundo os principais grupos culturais de sequeiro e de regadio (público e privado) é apresentada no ponto 4.3.2.

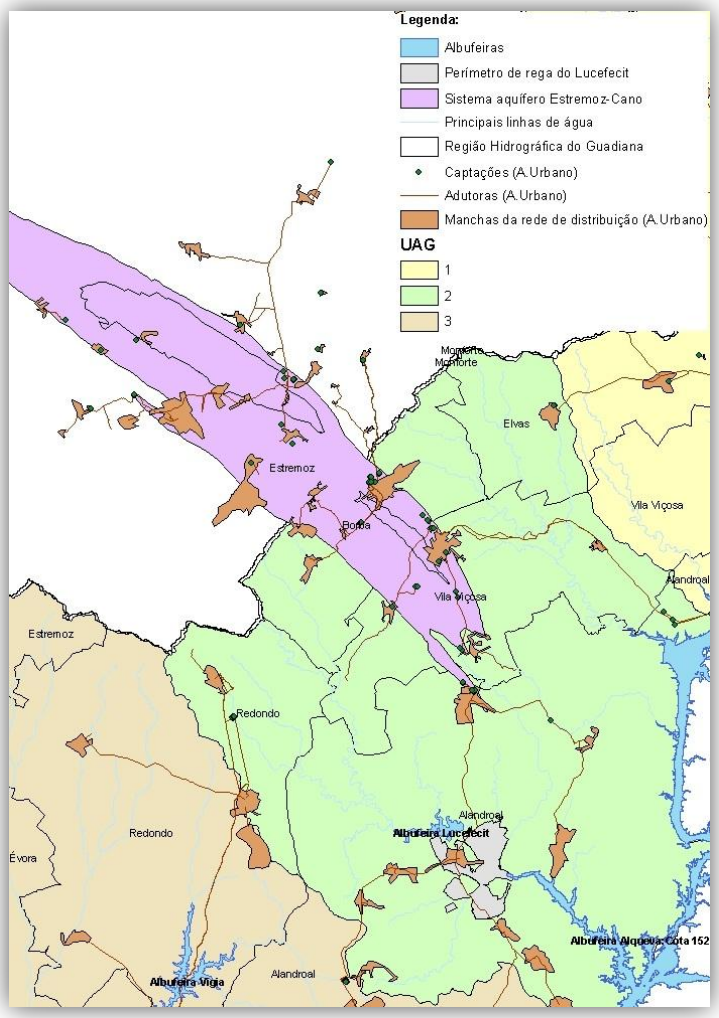


Figura 3.35: Localização das principais origens e utilizações da UAG 2 (DGADR, 2009; INAG, 2009; SNIRH, 2010a).

Tabela 3.21: Consumos associados às origens de água da UAG2, por sector utilizador.

UAG 2			Utilizações associadas		Total (hm³)
			A. Urbano	Rega	
Origens	Sup.	Albufeira do Lucefecit	-	5,37*	5,37
		Pequenas albufeiras	-	3,88	3,88
	Sub.	Aquífero Estremoz-Cano	1,71	0,31	2,02
		Maciço Antigo Indiferenciado	0,06	6,96	7,02
Total (hm³)			1,77	16,52	18,29

* Média no período de 1997/98 a 2008/09 (adaptado de Serralheiro et al, 2010a)

A partir dos dados da U.Évora (Serralheiro et al, 2010, 2010a e 2010b), foi possível caracterizar a área afecta a culturas de sequeiro e pastagens, cerca de 36.052ha, bem como as

áreas de regadio correspondentes a cerca de 930ha, no regadio público (aproveitamento hidroagrícola do Lucefecit) e 2.340ha de regadio privado[86].

Unidade de análise e gestão 3 (UAG 3)

No caso da UAG 3, os limites são a fronteira entre Portugal e Espanha a Este, o limite hidrográfico da própria bacia do Guadiana a Oeste, o limite da bacia hidrográfica da ribeira de Lucefecit a Norte (UAG 2) e finalmente, a Sul, o limite da sub-bacia hidrográfica do próprio Guadiana na secção da barragem de Alqueva. Nesta UAG as principais origens de água superficial são: Monte Novo (para abastecimento urbano), Vigia e Alqueva (de fins múltiplos). No que toca a águas subterrâneas, a principal origem, na ausência de sistemas aquíferos mais produtivos, corresponde à área indiferenciada do Maciço Antigo (rega e abastecimento urbano) (Figura 3.36).

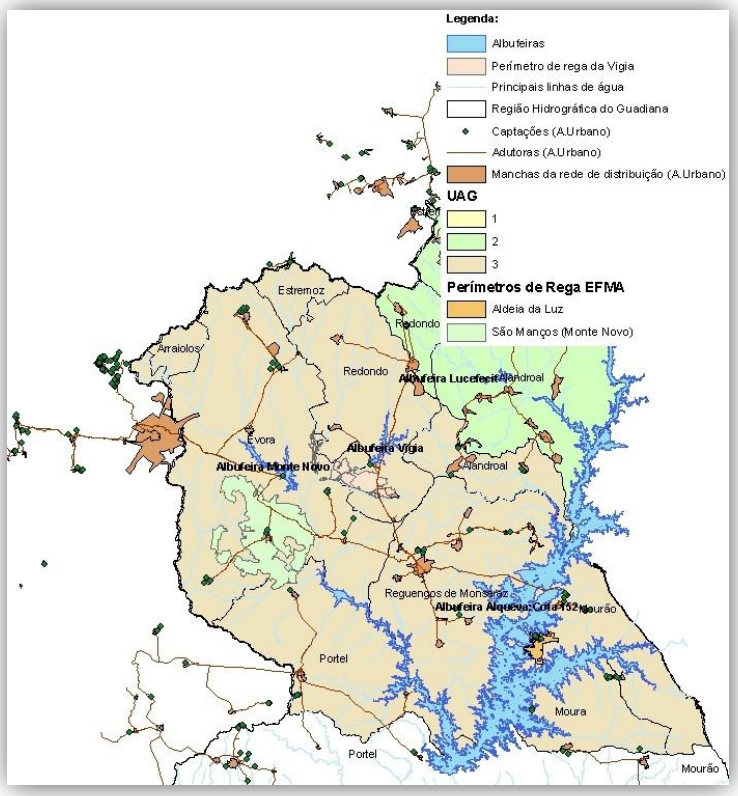


Figura 3.36: Localização das principais origens e utilizações da UAG 3 (DGADR, 2009; INAG, 2009; EDIA, 2010; SNIRH, 2010a)

Na Tabela 3.22, encontram-se resumidos os principais consumos, associados a cada sector utilizador, e por origem de água da UAG 3.

[86] A discretização das áreas indicadas segundo os principais grupos culturais de sequeiro e de regadio é apresentada no ponto 4.3.2

Tabela 3.22: Consumos associados às origens de água da UAG3, por sector utilizador.

UAG 3			Utilizações associadas		Total (hm³)
			A. Urbano	Rega	
Origens	Sup.	Albufeira da Vigia	0,56	6,77*	7,33
		Albufeira de Mte. Novo	5,68**	-	5,68**
		Albufeira de Alqueva	24,30***	345,7***	370***
		Pequenas albufeiras	-	7,57	7,57
	Sub.	Maciço Antigo Indiferenciado	1,25	16,54	17,79
Total (hm³)			31,79	374,77	408,37

* Média no período de 1997/98 a 2008/09 (adaptado de Serralheiro *et al*, 2010b)

** A albufeira de Monte Novo continuará a fornecer água exclusivamente para abastecimento urbano, recebendo um reforço de volumes, para esse fim, a partir da albufeira de Alqueva através do troço de ligação Loureiro-Alvito. O perímetro de rega de São Manços é directamente abastecido pela albufeira de Alqueva (EDIA, 2004).

*** Valor estimado para os consumos, em ano horizonte, dependentes da albufeira de Alqueva (subsistema Alqueva) no sistema EFMA (EDIA, 2010).

Importa salientar que, no caso do Alqueva, são consideradas ligações ao exterior da bacia, que representam as transferências de água que irão satisfazer as necessidades para o abastecimento urbano de zonas fora da bacia (nomeadamente no concelho de Évora) e os perímetros de rega abrangidos pelo EFMA, nomeadamente todos os do subsistema Alqueva (incluindo os associados às albufeiras de Alvito, Pisão, Odivelas, Roxo, Vale do Gaio), que se encontram fora da bacia do Guadiana.

Mais uma vez, segundo os dados da U.Évora (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b), as áreas de sequeiro correspondem a cerca de 76.335ha, enquanto as principais áreas de regadio correspondem a cerca de 1.100ha de regadio público (aproveitamento hidroagrícola da Vigia) e a pouco mais de 7.760ha de regadio privado[87]. Associados ao sistema EFMA, existem ainda, nesta UAG, os perímetros de rega de São Manços (Monte Novo) e da Luz (em Mourão). Apesar de ainda não estarem em pleno funcionamento, a área beneficiada corresponde a cerca de 7.800ha e 590ha, respectivamente (Serralheiro *et al*, 2010b).

3.5 Referências bibliográficas

APA (2008), *Licença Ambiental – SOMINCOR – Sociedade Mineira Neves Corvo, S.A.*, L.A. nº 19/2008, Agência Portuguesa do Ambiente, disponível online em http://aiacirca.apambiente.pt:8980/Public/irc/aia/la/library?l=/actividade_valorizao/0192008_sominc or/somincor_corvopdf/_PT_1.0_&a=d (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

ARH - ALENTEJO (2010), *Informação alfanumérica de características das albufeiras existentes no Alentejo*, Administração de Região Hidrográfica do Alentejo, I.P. (informação disponibilizada no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS).

[87] A discretização das áreas indicadas segundo os principais grupos culturais de sequeiro e de regadio é apresentada no ponto 4.3.2.

ARH – ALENTEJO (2010a), *Contratos Programa celebrados com a CCDR-Alentejo no âmbito da situação de seca 2005*, (informação alfanumérica relativa aos acordos de financiamento, por concelho, fornecida pela ARH-Alentejo).

BARREIRA, A., KALLIS, G. (2004), *The EU Water Framework Directive and public participation in transboundary river basin management*, em Timmerman, J., Langaas, S. (eds), *Environmental Information in European Transboundary Water Management*, IWA Publishing, Reino Unido, ISBN: 1 84339 038 8, pp 92-107.

CADC (2007), *Convenção CADC Albufeira*, Site oficial da Comissão para a Aplicação e o Desenvolvimento da Convenção sobre a Cooperação para a Protecção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas, disponível online em http://www.cadc-albufeira.org/pt/index.html (consulta mais recente em Junho de 2010).

CADC (2007a), *Relatório Hidrometeorológico do Regime de Caudais – Ano hidrológico 2005-2006*, Comissão para o Desenvolvimento e Aplicação da Convenção, Madrid, Disponível online em: http://www.cadc-albufeira.org/ (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

CADC (2007b), *Relatório Hidrometeorológico do Regime de Caudais – Ano hidrológico 2006-2007*, Comissão para o Desenvolvimento e Aplicação da Convenção, Madrid, Disponível online em: http://www.cadc-albufeira.org/ (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

CADC (2009), *Relatório Hidrometeorológico do Regime de Caudais – Ano hidrológico 2007-2008*, Comissão para o Desenvolvimento e Aplicação da Convenção, Madrid, Disponível online em: http://www.cadc-albufeira.org/ (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

CADC (2009a), *Relatório Hidrometeorológico do Regime de Caudais – Ano hidrológico 2008-2009*, Comissão para o Desenvolvimento e Aplicação da Convenção, Madrid, Disponível online em: http://www.cadc-albufeira.org/ (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

CADC (2010), *Relatório Hidrometeorológico trimestral do Regime de Caudais – Situação a 1 de Julho de 2010*, Comissão para o Desenvolvimento e Aplicação da Convenção, Madrid, Disponível online em: http://www.cadc-albufeira.org/ (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

CADC (2010a), *Acta da XIII Reunião Plenária da Comissão para a Aplicação e Desenvolvimento do Convénio*, Comissão para o Desenvolvimento e Aplicação da Convenção, Madrid, Disponível online em: http://www.cadc-albufeira.org/ (consulta mais recente em Junho de 2010).

CAETANO, M., NUNES, V., NUNES, A., (2009*), Corine Land Cover 2006 for Continental Portugal*, Relatório técnico, Instituto Geográfico Português.

CCDR–ALENTEJO (2009), *Relatório fundamental (proposta para discussão pública) do Plano Regional de Ordenamento do Território do Alentejo*, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo.

CGA (2005), *Acta da reunião plenária de 31 de Janeiro de 2005*, Comissão de Gestão de Albufeiras, disponível online em [http://www.inag.pt/inag2004/port/divulga/actualidades/seca/ACTA_REUNIAO_Comissao_31JAN2005.pdf].

CGA (2005a), *Acta da reunião plenária de 14 de Fevereiro de 2005*, Comissão de Gestão de Albufeiras, Subcomissão Regional da zona Sul, disponível online em [http://www.inag.pt/inag2004/port/divulga/actualidades/seca/Acta_Subcomissao_Sul_14Fev2005.pdf].

CGA (2006), *Acta da reunião plenária de 24 de Janeiro de 2006*, Comissão de Gestão de Albufeiras, 2006, disponível online em [http://www.inag.pt/inag2004/port/divulga/actualidades/seca/relatoriosMensais/ActaCGA_24Jan2006.pdf]

CGA (2006a), *Acta da reunião plenária de 18 de Abril de 2006*, Comissão de Gestão de Albufeiras, disponível online em [http://www.inag.pt/inag2004/port/divulga/actualidades/seca/relatoriosMensais/ActaCGA_18Abr2006.pdf].

CHG (1998), *Plan hidrológico de cuenca – Guadiana*, Confederación Hidrográfica del Guadiana, Ministerio de Medio Ambiente, Disponível online em: http://www.chguadiana.es/ (consulta mais recente em Junho de 2010).

CHG (2007), *Plan Especial de Sequia de la Cuenca del Guadiana*, Confederación Hidrográfica del Guadiana, Ministerio de Medio Ambiente, Badajoz, Espanha.

CHG (2009), *Estudio General sobre la Demarcación hidrográfica del Guadiana – Parte I*, Confederación Hidrográfica del Guadiana, Ministerio de Medio Ambiente.

CPS (2005); *Seca em Portugal Continental - Relatório Quinzenal* (relatórios quinzenais de acompanhamento da Seca 2005, de 1 de Março a 31 de Dezembro de 2005), Secretariado técnico da Comissão para a Seca 2005, Instituto da Água, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

CPS (2005a); *Relatório de Balanço da Seca 2005*, Secretariado técnico da Comissão para a Seca 2005, Instituto da Água, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Dezembro 2005;

DGADR (2009), *Aproveitamentos Hidroagrícolas do Grupo II, em exploração – Elementos estatísticos 1986-2008*, Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, ISBN 978-972-8649-93-7 (informação disponibilzada no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS).

EDIA (2004), *Estudo de Impacte Ambiental – Troço de ligação Loureiro – Monte Novo*, *Volume III - Resumo Não Técnico*, Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas de Alqueva, S.A., disponível online em [http://www2.apambiente.pt/IPAMB_DPP/docs/RNT1250.pdf] (consulta mais recente efectuada em Dezembro de 2010).

EDIA (2005), *EDIA – Homepage da Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas de Alqueva, S.A.*, EDIA, 2005, disponível online em [http://www.edia.pt/] (Consulta mais recente em Junho de 2009).

EDIA (2010a), Informação SIG e relatórios com informação relativa ao sistema de Alqueva, EDIA - Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas de Alqueva (informação disponibilizada no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS).

EDP (2010), *EDP – Viva a nossa energia – Centros electroprodutores*, Site da empresa EDP – Energias de Portugal, disponível online em [http://www.a-nossa-energia.edp.pt/homepage/index.php} (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

EEA (2005), *European Environment Outlook*, EEA Report, European Environment Agency, Copenhaga, 2005, ISSN 1725-9177.

FEIO, M; HENRIQUES, V. (1986), *As Secas de 1980-81 e 82-83 e as principais Secas anteriores*, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa.

GWP (2000), *Integrated Water Resources Management*, Global Water Partnership, Technical Advisory Committee, TAC Paper 4, Stockholm, ISBN 91-630-9229-8.

INAG (1993), *Acompanhamento Quinzenal da Seca* (Relatórios quinzenais de Fevereiro a Julho de 1993), INAG, Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais, 1993.

INAG (2000), *Planos das Bacias hidrográficas dos Rios Luso-Espanhóis – Síntese, Volume I – Caracterização e diagnóstico*, INAG, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.

INAG (2001), *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana*, Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Portugal.

INAG (2001a), *Plano Nacional da Água*, Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Portugal.

INAG (2001b), *Aquíferos transfronteiriços da Bacia do Guadiana*, Direcção de Serviços de Recursos Hídricos, INAG, 2001.

INAG (2005), *Regime de Caudais dos ríos das bacias internacionais a verificar nos últimos quatro meses do ano hidrológico de 2004/05*, Instituto da Água – Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, Disponível online em: http://snirh.pt/snirh/download/relatorios/douro_tejo_guad_cadc.pdf (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

INAG (2006), Documentação do Secretariado da Seca (em formato papel e em ficheiro) disponibilizado pelo INAG no âmbito do desenvolvimento do projecto SPGS.

INAG (2007), *Preliminary Country Report*, Contribuição portuguesa para o relatório da Comissão Europeia *Water Scarcity & Droughts – In-depth assessment, Second Interim Report*, Instituto da Água, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional.

INAG (2009), *Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais* (tabelas de dados e relatórios referentes ao ano de 2008), Instituto da Água, I.P. (informação disponibilizada no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS).

INAG *et al* (2006), *Seca em Portugal Continental – Relatório mensal* (relatórios mensais de acompanhamento da situação de seca, de Janeiro a Março de 2006), Secretariado técnico da Seca, Instituto da Água, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

INAG, ARH ALENTEJO (2009), *Relatório de Informação de Suporte da Participação Pública das Questões Significativas de Gestão da Água da Bacia Hidrográfica do Guadiana*, INAG, ARH Alentejo, disponível online em http://www.arhalentejo.pt/pp-pgrh/.

INE (2001), *Recenseamento Geral da Agricultura 1999*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa.

INE (2010), *Portal do Instituto Nacional de Estatística*, Instituto Nacional de Estatística, disponível online em [http://www.ine.pt/] (Consulta mais recente em Setembro de 2010).

INES (2010), *Instituto Nacional de Estadística*, site do Instituto Nacional de Estadística, Espanha, disponível online em http://www.ine.es/ (consulta mais recente em Junho de 2010).

LOUKA, E. (2008), *Water Law & Policy – Governance without frontiers*, Oxford University Press, EUA, ISBN 978-0-19-537413-1.

MEDROPLAN (2007), *Drought Management Guidelines*, Iglesias, A., Cancelliere, A., Gabiña, D., López-Francos, A., Moneo, M., Rossi, G. (eds), Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning (MEDROPLAN), European Commission – EuropeAid Co-operation Office, Euro-Mediterranean Regional Programme for Local Water Management (MEDA Water).

NIDIS (2010), *US Drought Portal – Map Viewer*, National Integrated Drought Information System, disponível online em [http://www.drought.gov] (consultado em Junho de 2010).

OLIVEIRA, I., FABIÃO, M.S., TEIXEIRA, J.L., CARREIRA, D., SILVA, M. (2005), *SIGIRA parte I – Inventário dos Pequenos Regadios Individuais do Alentejo – PRIA*, I Congresso Nacional de Rega e Drenagem, Dezembro de 2005, Beja

SANTOS, M.J.J. (1998), *Caracterização e Monitorização de Secas*, Instituto da Água – Direcção de Serviços de Recursos Hídricos.

SERRALHEIRO, R., CARVALHO, M., CORTE-REAL, J., TOUREIRO, C. (2010), *1º Relatório trimestral – 1ª Fase do Sistema de Previsão e Gestão de Secas (SPGS)* (Relatório interno), Universidade de Évora.

SERRALHEIRO, R., CARVALHO, M., CORTE-REAL, J., TOUREIRO, C. (2010a), *2º Relatório trimestral – 1ª Fase do Sistema de Previsão e Gestão de Secas (SPGS)* (Relatório interno), Universidade de Évora.

SERRALHEIRO, R., CARVALHO, M., CORTE-REAL, J., TOUREIRO, C. (2010b), *3º Relatório trimestral – 1ª Fase do Sistema de Previsão e Gestão de Secas (SPGS)* (Relatório interno), Universidade de Évora.

SIA (2008), *Descargas*, Página online do Sistema Integrado de Información del Agua, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Mariño, disponível online em http://servicios3.mma.es/siagua/visualizacion/descargas/documentos.jsp (Consulta mais recente em Julho de 2010).

SNIRH (2010), *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*, INAG, 2010, disponível online em http://snirh.pt/.

SNIRH (2010a), *Atlas da Água do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*, INAG, 2010, disponível online em http://snirh.pt/.

TEIXEIRA, J. L. (2006). *ISAREG: Simulação da Rega*. Manual do Programa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

TURISMO DE PORTUGAL (2010), *Shapefiles e informação alfanumérica de campos de golfe e empreendimentos turísticos classificados e previstos* – Guadiana e Algarve, Turismo de Portugal, I.P. (informação disponibilizada no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS).

VIVAS, E., MAIA, R. (2008a), *Caracterização das principais situações de Seca históricas em Portugal Continental,* Publicação referente às II Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente [2007], FEUP, ISBN 978-989-95557-1-6.

VIVAS, E., FERREIRA, A.C., MAGALHÃES, H. (2010), *Análise de Impactos da Seca 2005*, Relatório Interno no âmbito do desenvolvimento do Projecto SPGS, FEUP.

VIVAS, E., SILVA, C., CORREIA, L., MAIA, R. (2010a), *Definição de unidades de análise para a prevenção, avaliação e gestão de situações de seca. Aplicação ao caso do Guadiana*, publicação referente ao 10º Congresso da Água com o tema "Marcas d'Água" [2010], APRH, ISBN 978-972-99991-9-2.

WILHITE, D., BUCHANAN-SMITH (2005), M., *Drought as Hazard: Understanding the Natural and Social Context,* em Wilhite, D. (ed.), *Drought and Water Crises – Science, Technology and Management issues*, Taylor & Francis, ISBN 0 847 2771 1, pp 3-29.

4. Metodologia de avaliação e gestão de situações de seca e escassez

4.1 Objectivos de base

Do enquadramento levado a cabo no Capítulo 1, foi possível concluir que as situações de seca correspondem a uma limitação natural e temporária das disponibilidades existentes, levando à afectação das utilizações existentes numa dada região. Por outro lado, no que toca às situações de escassez, verifica-se que estão relacionadas com um nível demasiado elevado de utilizações, face às disponibilidades médias existentes na região, pondo em causa a sustentabilidade das mesmas num cenário de longo prazo. Assim, se todas as situações de seca correspondem a uma afectação do ciclo hidrológico da região, o reflexo dessa afectação sobre as principais utilizações dependerá das características da região, e será especialmente agravado caso se verifiquem situações de escassez, i.e., um nível demasiado elevado de utilizações. Resulta, por isso, que o processo de avaliação e gestão de situações de seca deverá atender a um balanço entre utilizações e disponibilidades.

Ainda em relação às situações de seca é possível concluir, da revisão do estado do conhecimento efectuado no Capítulo 2, que existe a necessidade de desenvolvimento de planos de gestão de seca e de sistemas de monitorização e gestão, devidamente fundados em indicadores/ índices apropriados. Esses mesmos indicadores/ índices deverão:

- reflectir o risco de seca, tanto através da frequência/ probabilidade de ocorrência do perigo natural (entendido como uma anomalia transitória de precipitação), como pela identificação e avaliação das principais vulnerabilidades existentes na região de análise;
- ser apropriados às características da região e reflectir os potenciais efeitos de seca sobre as diferentes utilizações, atendendo às diferentes fases de afectação do ciclo hidrológico;
- permitir uma avaliação da severidade de seca a nível regional e a comparação dos efeitos verificados em diferentes regiões e situações de seca;

- possibilitar a identificação atempada de impactos e uma gradação da relevância dos mesmos, facilitando a adopção de medidas de prevenção e/ ou mitigação.

No que toca às situações de escassez, por sua vez, face às metodologias revistas no Capítulo 2 (ponto 2.3), conclui-se a dificuldade de uma avaliação específica, em especial à escala regional e local. Estes factos, aliados à naturalidade de, ao longo do desenvolvimento da presente tese, haver um maior ênfase na avaliação e gestão de situações de seca, atento o projecto, a decorrer em paralelo, e com a colaboração directa do autor, para o desenvolvimento, pela FEUP, de um Sistema de Previsão e Gestão de Secas (SPGS), em coordenação com o Instituto da Água, I.P e com a U.Évora, levou a que fosse dada uma maior importância à avaliação de situações de seca.

Assim, procurou-se levar a cabo o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de situações de seca, devidamente fundada em indicadores/ índices adaptados à realidade portuguesa, que possa servir como ferramenta de apoio à decisão na gestão de recursos hídricos. Considerou-se, no entanto, que essa metodologia, apesar de especialmente orientada para o contexto operacional de gestão de situações de seca (de curto prazo), deveria também permitir o planeamento de longo prazo, possibilitando, desta forma, a identificação de pontos críticos e, como tal, a integração da avaliação de escassez.

Da análise efectuada no Capitulo 3 (ponto 3.2) pôde verificar-se, ainda, que a bacia hidrográfica do Guadiana constitui uma das regiões hidrográficas nacionais mais sensíveis e vulneráveis a situações de seca, tendo sido identificados impactos significativos nas principais secas dos últimos 30 anos[88]. Essa bacia representa, assim, um caso de estudo natural para a presente tese, também relativamente à problemática da escassez, em especial se for tida em conta a dependência das afluências de Espanha[89], e a expectável intensificação das utilizações com o funcionamento pleno do sistema EFMA. Por outro lado, a importância, na região, de actividades como a agricultura de sequeiro, especialmente vulnerável a situações de seca, bem como a fragilidade de algumas origens de água, em especial as dependentes da zona indiferenciada do Maciço Antigo ou as pequenas albufeiras, de iniciativa privada, limitam a capacidade de resposta às situações de seca, situação que se deverá manter para futuro, fora da área de influência do sistema EFMA.

Partindo dos objectivos descritos, a metodologia desenvolvida toma, então, por base, os princípios de gestão do risco de seca. Esse risco, de acordo com o definido no ponto 2.2.2, corresponde ao resultado, numa dada região, da conjugação de um "perigo" (a anomalia das condições de precipitação, para o período em causa), com as vulnerabilidades da mesma (características das utilizações e da capacidade das origens de água existentes).

Como tal, no ponto 4.2, será efectuada uma análise e caracterização do "perigo" de seca na região em estudo, através da avaliação de variáveis instrumentais (indicadores). O objectivo desse ponto consiste em caracterizar, com base no histórico de registos existente, as principais situações de seca, a partir da afectação da precipitação e da correspondente propagação dos seus efeitos nas diferentes fases do ciclo hidrológico, representadas pelas variáveis instrumentais escoamento superficial, volumes armazenados em albufeiras e níveis

[88] Ver ponto 3.2.
[89] Ver ponto 3.1.

piezométricos em sistemas aquíferos. Essas variáveis permitem, igualmente, uma avaliação do estado das disponibilidades de água nas principais origens da região.

Por outro lado, no ponto 4.3, é definida uma metodologia de avaliação socioeconómica dos impactos de seca sobre os principais sectores utilizadores (abastecimento urbano e agricultura), reflectindo as vulnerabilidades dos mesmos à redução da quantidade de água disponível e atendendo às características das respectivas origens de água.

No ponto 4.4 é estipulado o esquema geral de aplicação da metodologia (definida em 4.3). Por um lado, tendo em vista a avaliação prospectiva do risco de seca, são definidos cenários representativos de precipitação (atendendo à avaliação efectuada no ponto 4.2). Por outro lado, é indicado como essa metodologia poderá ser aplicada à avaliação da severidade de seca na situação actual.

Para a análise dos impactos nos diferentes sectores utilizadores, nomeadamente na gestão do risco de seca, é desenvolvido o processo de modelação das principais origens de água existentes na região (ponto 4.5), fundamental para previsão do estado das origens, segundo os diferentes cenários e quantificação das disponibilidades correspondentes.

No ponto 4.6 é apresentada a possível classificação da severidade / risco de seca, de acordo com as características dos diferentes sectores utilizadores, e procurando também reflectir a representatividade dos impactos de seca a nível regional (UAGs).

Por fim, no ponto 4.7, é apresentada uma possível aplicação da metodologia desenvolvida para avaliação de escassez, focando o balanço necessidades-disponibilidades, ao nível das origens, para um período de avaliação de longo prazo (no mínimo de 10 anos) e a estimativa dos impactos socioeconómicos de escassez.

Refira-se, como nota final, que os resultados da aplicação, à região em estudo, da metodologia desenvolvida serão devidamente analisados e validados no capítulo 5.

4.2 Caracterização do "perigo" de seca por análise de variáveis instrumentais

Tratando-se de um fenómeno natural meteorológico, uma situação de seca deverá, antes de mais, ser avaliada pela afectação da precipitação, enquanto base de interacção atmosfera-solo. De facto, os volumes efectivamente precipitados numa região constituem as disponibilidades globais que irão condicionar a quantidade de água em fluxo nas demais fases do ciclo hidrológico e, consequentemente, de forma mais ou menos significativa, afectar os volumes disponíveis nas origens, para atender às utilizações existentes.

Porém, a definição dos indicadores base de avaliação, em cada fase, está dependente da monitorização de variáveis representativas e da correspondente disponibilidade e qualidade desses dados, numa determinada região. Nesse sentido, na Tabela 4.1, é realizada uma sistematização das principais fases do ciclo hidrológico e das correspondentes variáveis passíveis de avaliação em contínuo (disponíveis através do Sistema Nacional de Informação de

Recursos Hídricos[90]). Para essas mesmas variáveis é ainda efectuada uma correspondência com as diferentes fases de evolução dos impactos de seca.

Tabela 4.1: Sistematização das variáveis para monitorização do ciclo hidrológico e correspondência com as fases de evolução de impactos de seca (base SNIRH, 2010).

Fases do ciclo hidrológico	Elementos a avaliar	Variáveis disponíveis (SNIRH)	Fases de evolução de impactos de Seca
Interacção atmosfera-solo	Precipitação	Precipitação	***Nível meteorológico***
	Evapotranspiração	(Temperatura)*	
Infiltração no solo	Humidade do solo	-	***Nível do solo***
Recursos hídricos superficiais	Escoamento superficial	Escoamento	***Nível hidrológico***
Recursos hídricos subterrâneos	Recarga de águas subterrâneas	-	
Armazenamento (natural e por influência humana)	Armazenamento em albufeiras	Volumes (ou níveis) armazenados em albufeiras	***Nível operativo***
	Armazenamento em sistemas aquíferos	Níveis piezométricos	

* Evapotranspiração passível de ser obtida a partir de outros dados, como por ex. Temperatura.

Procurando estabelecer uma relação entre os indicadores disponíveis e as utilizações existentes, descritas na caracterização da zona em estudo[91], importa realçar a considerável importância da agricultura de sequeiro, tal como é evidenciado na Figura 3.29, pela considerável área afecta a este tipo de culturas. Essas culturas são dependentes do teor de humidade existente no solo, sendo especialmente sensíveis a situações de seca (redução da precipitação face a situações normais), em especial em fases críticas do desenvolvimento das mesmas. Porém, como não é efectuada uma monitorização contínua do teor de humidade do solo da região, a variável precipitação deverá ser considerada representativa das disponibilidades existentes para este tipo de culturas.

Por outro lado, no que toca às principais origens de água superficial na região - as albufeiras do Caia, Lucefecit, Vigia, Monte Novo e Alqueva - deverão ser avaliadas pelos registos de volumes armazenados, enquanto os principais sistemas aquíferos - Elvas-Campo Maior, Elvas-Vila Boim e Estremoz-Cano - deverão ser avaliados pelos seus níveis piezométricos.

Porém, além destas origens de maior capacidade, verifica-se que, na região em estudo, existem outras origens de água, para as quais não existe informação que permita uma quantificação rigorosa das respectivas disponibilidades. Estão nessa situação as captações situadas na área indiferenciada do Maciço Antigo, que, apesar de não terem uma avaliação dos respectivos níveis piezométricos (SNIRH, 2010), assumem, ainda, alguma relevância, tanto para satisfação de necessidades de rega (regadio privado), como para o abastecimento urbano, em especial nos aglomerados populacionais de reduzida dimensão[92]. Ainda em relação às áreas de regadio privado, verifica-se que uma boa parte é dependente de pequenas albufeiras de iniciativa e gestão privada, para as quais também não existe qualquer avaliação das

[90] http://snirh.pt
[91] Ver ponto 3.4.
[92] Idem.

disponibilidades, i.e., de volumes armazenados. Não obstante, em qualquer dos casos, deverão ser consideradas avaliações alternativas que permitam uma estimativa do nível de disponibilidades e da capacidade de recuperação das origens em causa. No caso das captações no Maciço Antigo Indiferenciado, foi considerada uma avaliação da recarga, a partir da análise de dados de precipitação. Para as pequenas albufeiras foi considerado uma avaliação do escoamento em secções correspondentes a estações hidrométricas cujo regime esteja próximo do natural, isto é, com reduzida influência humana. Estas questões serão devidamente abordadas no ponto 4.5.

Assim, através da análise da Tabela 4.1 e atendendo às origens descritas e correspondentes utilizações, o sistema de indicadores de base considerado foi o abaixo resumido (Tabela 4.2).

Tabela 4.2: Indicadores, respectivas origens de água e utilizações representadas.

Indicador	Origens	Utilizações representadas
Precipitação	Humidade do solo	Culturas de sequeiro
	Maciço Antigo Indiferenciado	Abastecimento urbano e rega
Escoamento	Pequenas albufeiras privadas	Rega
Volumes armazenados	Albufeira do Caia	Abastecimento urbano e rega
	Albufeira do Lucefecit	Rega
	Albufeira da Vigia	Abastecimento urbano e rega
	Albufeira do Monte Novo	Abastecimento urbano
	Albufeira de Alqueva	Abastecimento urbano, rega
Níveis piezométricos	Aquífero Elvas-Campo Maior	Rega*
	Aquífero Elvas-Vila Boim	Abastecimento urbano e rega
	Aquífero Estremoz-Cano	Abastecimento urbano e rega

* Nota: As captações para abastecimento urbano neste sistema aquífero são insignificantes.

Para cada indicador identificado na Tabela 4.2 apresenta-se, nos pontos seguintes, uma avaliação do histórico de registos (SNIRH, 2010) das variáveis instrumentais correspondentes.

4.2.1 Precipitação

4.2.1.1Tratamento de dados e colmatação de falhas

Em primeiro lugar foi necessário analisar os dados existentes no que diz respeito a séries de registos de precipitação mensal. Esse processo teve por base os seguintes passos principais: (i) a identificação das estações de monitorização existentes e análise preliminar das características dessas estações e dos respectivos dados de registos, (ii) a selecção das estações a avaliar e, por fim (iii) a recolha e tratamento dos dados das estações seleccionadas. Para tal foram consideradas as estações de monitorização meteorológicas do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH, 2010) situadas na parte portuguesa da bacia hidrográfica do Guadiana. A consideração, para este procedimento, de toda a parte portuguesa da bacia do Guadiana teve subjacentes duas razões principais: a necessidade de completar as séries de registos das estações de monitorização existentes na região em estudo, por recurso a

outras estações da bacia do Guadiana e de avaliação das características de precipitação em toda a bacia, de forma a validar o processo de colmatação de falhas considerado.

I) Identificação das estações existentes e análise preliminar das características e registos.

Inicialmente foram identificadas 94 estações com dados de monitorização de precipitação mensal na parte portuguesa da bacia do Guadiana. Não obstante, para selecção das estações a considerar foram considerados os seguintes critérios: (a) existência de um comprimento de registo significativo (mais de 25 anos), (b) um número de falhas inferior a 50% do período de registos e (c) que sejam classificadas como estando activas actualmente (SNIRH, 2010). Este último critério tem por finalidade garantir uma avaliação contínua desta variável, mantendo as características de monitorização ao longo de todo o período de avaliação e possibilitando a avaliação no presente e para futuro. Assim, das 94 estações existentes nesta bacia, foram seleccionadas 38 estações, devidamente referenciadas na Figura 4.1 e Tabela 4.3:

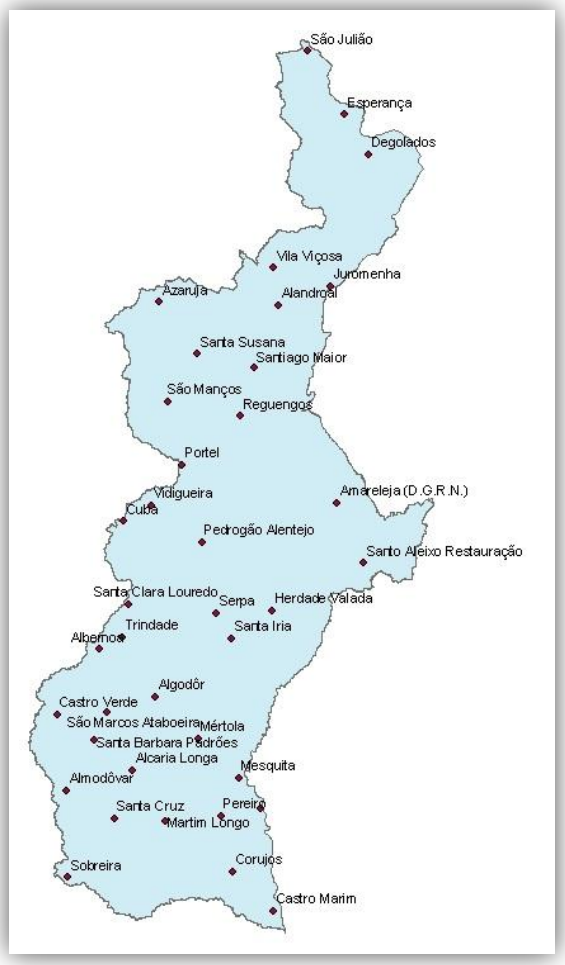


Figura 4.1: Localização espacial das estações de monitorização seleccionadas para avaliação de dados de precipitação mensal (SNIRH, 2010)

Tabela 4.3: Estações seleccionadas para avaliação de precipitação mensal (SNIRH, 2010)

Código (SNIRH)	Nome	Data de início dos registos
21M/02UG	ALANDROAL	07-09-1931
26J/04UG	ALBERNOA	01-05-1979
28J/01G	ALCARIA LONGA	01-10-1949
29M/01UG	ALCOUTIM	11-03-1938
27K/01UG	ALGODÔR	01-10-1930
28I/01UG	ALMODÔVAR	04-09-1931
24N/01UG	AMARELEJA (D.G.R.N.)	01-10-1930
21K/01UG	AZARUJA	01-09-1931
30M/03UG	CASTRO MARIM	01-08-1980
27I/01G	CASTRO VERDE	01-09-1931
30L/01UG	CORUJOS	01-10-1959
24J/03UG	CUBA	06-09-1931
19O/03UG	DEGOLADOS	01-10-1980
19N/03UG	ESPERANÇA	12-10-1979
26M/01C	HERDADE DE VALADA	01-10-1968
21N/01UG	JUROMENHA	01-09-1931
29K/01C	MARTIM LONGO	01-09-1941
28L/01UG	MÉRTOLA	01-09-1931
28L/02UG	MESQUITA	01-10-1979
25L/01UG	PEDROGÃO DO ALENTEJO	01-06-1941
29L/01UG	PEREIRO	16-07-1957
24K/01UG	PORTEL	01-10-1938
23L/01G	REGUENGOS	01-09-1931
28J/03UG	SANTA BARBARA DE PADRÕES	01-10-1979
26J/03UG	SANTA CLARA DO LOUREDO	01-12-1979
29J/03UG	SANTA CRUZ	01-11-1980
26L/02UG	SANTA IRIA	01-02-1980
22L/02UG	SANTA SUSANA	27-03-1949
22M/01UG	SANTIAGO MAIOR	26-03-1949
25O/01UG	SANTO ALEIXO DA RESTAURAÇÃO	01-10-1931
18N/01UG	SÃO JULIÃO	15-04-1980
23K/01UG	SÃO MANÇOS	07-04-1942
27J/01UG	SÃO MARCOS DA ATABOEIRA	01-10-1956
26L/01UG	SERPA	01-10-1931
30I/02UG	SOBREIRA	11-05-1942
26J/01UG	TRINDADE	01-09-1931
24K/02UG	VIDIGUEIRA	25-03-1949
21M/01UG	VILA VIÇOSA	01-09-1931

II) Definição do período de análise

As 38 estações de monitorização seleccionadas não possuem o mesmo comprimento de registo, como se pode comprovar pelas datas de entrada em funcionamento (Tabela 4.3). Verifica-se, por outro lado, que em 27 dessas estações a data correspondente à entrada em funcionamento é anterior a 1960 (i.e. possuem mais de 50 anos de registos), o que as permite qualificar como preferenciais para a avaliação a levar a cabo (Figura 4.2).



Figura 4.2: Localização espacial das estações de monitorização com mais de 50 anos de registos de precipitação mensal (SNIRH, 2010)

Porém, da análise da Figura 4.2 é possível concluir que essas 27 estações não garantem, só por si, uma cobertura espacial homogénea da parte portuguesa da bacia do Guadiana. Por essa razão, foram igualmente consideradas as restantes estações cuja data de entrada em funcionamento é anterior a 1980/81 (i.e. apresentam cerca de 30 anos de registos). Não obstante, como a maioria das 38 estações seleccionadas possui um período de registos de 50 anos, de 1960/61 até à actualidade, e para que não se perca a maior abrangência temporal possível, as estações mais recentes serão "virtualmente" completadas para esse período, por correlação com os postos mais antigos. Para tal foi utilizado o método das duplas acumulações, tendo por base os 30 anos do período comum, segundo os princípios estabelecidos por Heras

(1976) e Tomás (1979), para análise, correcção e homogeneização de séries de precipitação. O período de análise considerado foi, então, de 1960/61 a 2009/10.

Entretanto, foi possível verificar que, mau grado terem sido seleccionadas as estações com menores falhas de registos, estes são, mesmo assim, incompletos, com falhas em diversos anos hidrológicos, em especial nos mais recentes (a partir de 2000/01). Será, ainda, de referir que se têm verificado problemas na manutenção das estações automáticas da rede em causa, tendo essa actividade estado suspensa nos períodos de Agosto de 2008 a Janeiro de 2009, de Junho a Dezembro de 2009 e desde meados de Março de 2010 até à data de entrega da presente tese (SNIRH, 2010). Esse facto acarretou, também, falhas consideráveis nas estações seleccionadas nos 2 anos hidrológicos mais recentes. A colmatação das referidas falhas pontuais foi, também, efectuada por correlação com outros postos, segundo o método das duplas acumulações, que se descreve com mais pormenor no ponto seguinte.

III - Recolha e tratamento de dados das estações seleccionadas

A teoria de base subjacente ao método das duplas acumulações corresponde ao princípio de que, representando num sistema de eixos coordenados os pares de pontos definidos pelas acumulações sucessivas de duas séries de valores, a curva resultante é uma linha recta, se os valores dessas duas séries forem proporcionais. O declive da recta obtida corresponderá ao coeficiente de proporcionalidade das mesmas (Heras, 1976). Tendo por base este princípio, este método é aplicado ao estudo de dados de precipitação (ou, similarmente, de caudais), para (Tomás, 1979):

- contrastar a qualidade dos dados existentes;
- detectar erros sistemáticos;
- deduzir valores médios de séries pluviométricas incompletas;
- detectar, em alguns casos, erros acidentais;
- obter valores pontuais de séries, por interpolação ou extrapolação, nos casos em que o erro máximo não influencie significativamente os valores médios das referidas séries.

Atendendo, essencialmente, a este último objectivo, deverão ser analisadas as características das estações e os registos correspondentes (Heras, 1976; Tomás, 1979):

- Localização;
- Altitude;
- Número de dados da série dentro do período fixado (ou número de falhas);
- Valor médio da série, se a extensão de registos for superior a 50% do período.

A Tabela 4.4 resume as principais características requeridas para as estações seleccionadas, cuja localização foi já apresentada na Figura 4.1:

Tabela 4.4: Características das estações de monitorização seleccionadas (SNIRH, 2010)

Nome estação	Código (SNIRH)	Altitude (mm)	> 50% de registos* no período	Completo?	nº falhas*	Média P anual
Alandroal	21M/02UG	302	s	n	33	620
Albernoa	26J/04UG	133	s	n	>50	484
Alcaria Longa	28J/01UG	173	s	n	47	450
Alcoutim	29M/01UG	32	s	n	18	538
Algôdor	27K/01UG	171	s	n	41	486
Almodôvar	28I/01UG	290	s	n	40	571
Amareleja	24N/01UG	204	s	n	24	524
Azaruja	21K/01UG	270	s	n	41	585
Castro Marim	30M/03UG	3	s	n	>50	503
Castro Verde	27I/01G	217	s	n	8	519
Corujos	30L/01UG	185	s	n	30	536
Cuba	24J/03UG	180	s	n	19	565
Degolados	19O/03UG	269	s	n	>50	541
Esperança	19N/03UG	341	s	n	>50	633
Herdade da Valada	26M/01C	223	s	n	>50	503
Juromenha	21N/01UG	198	s	n	37	520
Martim Longo	29K/01C	294	s	n	40	528
Mértola	28L/01UG	29	s	n	>50	431
Mesquita	28L/02UG	143	s	n	>50	472
Pedrógão do Alentejo	25L/01UG	128	s	n	25	522
Pereiro	29L/01UG	250	s	n	24	570
Portel	24K/01UG	302	s	n	21	594
Reguengos	23L/01G	218	s	n	4	530
Santa Bárbara de Padrões	28J/03UG	239	s	n	>50	436
Santa Clara de Louredo	26J/03UG	195	s	n	>50	478
Santa Cruz	29J/03UG	328	s	n	>50	582
Santa Iria	26L/02UG	145	s	n	>50	442
Santa Susana	22L/02UG	208	s	n	49	550
Santiago Maior	22M/01UG	308	s	n	34	617
Sto. Aleixo da Restauração	25O/01UG	271	s	n	17	532
São Julião	18N/01UG	499	s	n	>50	1009
São Manços	23K/01UG	190	s	n	7	523
São Marcos da Ataboeira	27J/01UG	182	s	n	21	473
Serpa	26L/01UG	209	s	n	6	506
Sobreira	30I/02UG	442	s	n	21	947
Trindade	26J/01UG	172	s	n	16	476
Vidigueira	24K/02UG	203	s	n	16	600
Vila Viçosa	21M/01UG	417	s	n	9	714

* de precipitação mensal

A organização segundo grupos de estações afins deverá, então, ser levada a cabo atendendo a (Tomás, 1979):

- afinidade da precipitação (proximidade do valor médio);
- distribuição geográfica e densidade de rede;
- semelhança de altitude;
- extensão e garantia de séries utilizáveis.

Em geral, zonas de precipitações similares levam à existência de afinidades nas características hidrológicas de uma região. Por isso, deverão considerar-se as estações com registos que cobrem mais de 50% do período considerado e identificar aquelas cujos valores de precipitação anual são mais próximos, como por exemplo em intervalos de 100 ou 200mm. Além disso, numa fase seguinte, deverá considerar-se a densidade de rede, uma vez que poderão existir muito poucas estações em alguns grupos de estações identificados por afinidade de precipitação. Como regra geral (Tomás, 1979), é apontado um número mínimo de 3 a 5 estações em cada grupo. Por outro lado, quanto maior for a proximidade geográfica e menor a diferença de altitudes, maiores serão também, em princípio, as afinidades hidrológicas entre as estações seleccionadas. De acordo com a mesma fonte (Tomás, 1979), em termos médios considera-se que as diferenças de altitude não deverão exceder os 300m e a distância entre estações não deverá ultrapassar os 50-70 km. Por fim, o número de dados da série e a garantia dos mesmos constituem, também, um critério importante sendo que, em cada grupo, deverá haver, pelo menos, uma estação com registos completos no período em análise ou, caso seja impossível cumprir esta condição, uma estação que tenha uma série susceptível de ser completada por comparação com uma estação de outro grupo, tal como foi considerado no caso presente.

Assim, tendo por base os critérios referidos, a parte portuguesa da bacia do Guadiana, foi subdividida em várias zonas parcelares (de forma independente da definição de UAGs, considerada em 3.4.2) em que se considera, pelos critérios estabelecidos, ser possível estabelecer comparações aceitáveis entre postos, permitindo a análise, contraste, correcção e homogeneização de séries, bem como a colmatação de falhas e extensão de registos entre estações afins (Heras, 1976; Tomás, 1979). Como tal, foram definidas 4 zonas parcelares, agrupando postos afins, atentas as respectivas áreas de influência definidas pelos polígonos de *Thiessen* (Figura 4.3). Para cada posto de monitorização foram analisados: características dos registos (falhas e extensão), altitude, áreas de influência (polígonos de *Thiessen*), precipitação média anual, bem como o coeficiente de determinação (R^2) das séries acumuladas de P anual de cada posto, face à série similar correspondente à média de todos os postos do grupo, da respectiva zona parcelar. Os resultados dessa análise são apresentados, para as 4 zonas parcelares, nas Tabelas 4.5 a 4.8.

Atendendo às características analisadas verifica-se que, à zona parcelar 1 correspondem as altitudes mais elevadas, com reflexos nos valores de precipitação anual, também mais elevados. Na zona 4 verificam-se igualmente valores de precipitação média anual elevados, embora, neste caso, se possa inferir que tal se deve não só à morfologia do terreno, mais irregular, mas também à maior proximidade da zona costeira.

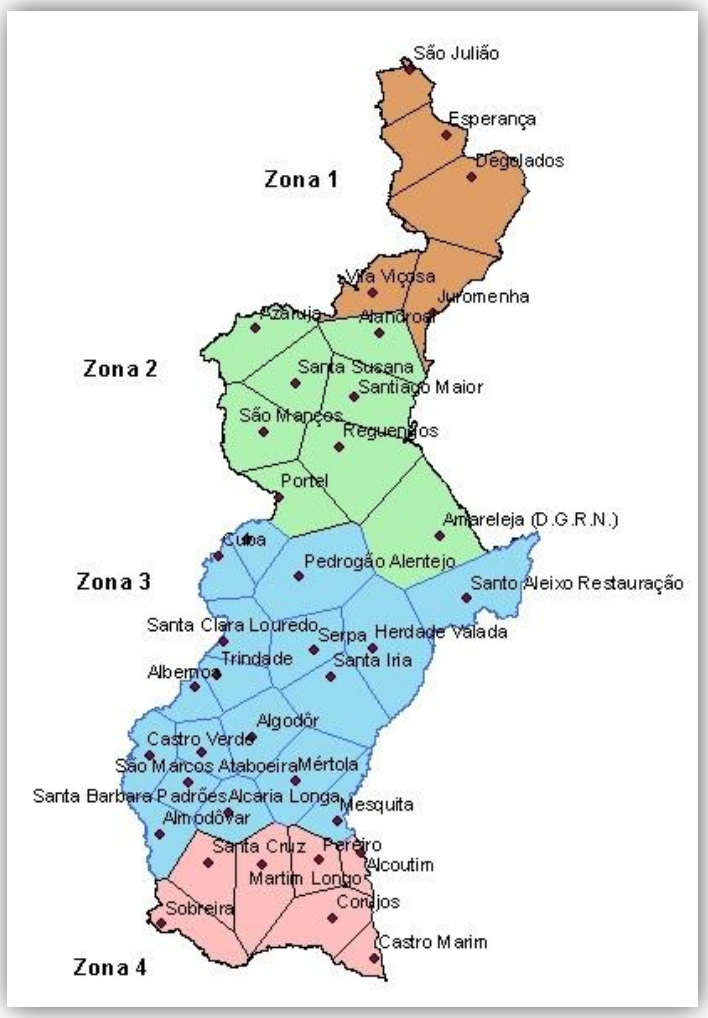


Figura 4.3: Identificação das zonas parcelares (utilizadas na avaliação da precipitação) através das áreas de influência de cada estação de monitorização (Polígonos de *Thiessen*)

Tabela 4.5:Características das estações de monitorização da Zona 1 (SNIRH, 2010)

Zona 1								
Nome da estação	**> 50% período de registos*?**	**Completo?**	**nº falhas***	**Área (km²)**	**% Área**	**Altitude (m)**	**Média P anual no período de registos (mm)**	**Correlação com a média anual (R^2)**
Degolados	s	n	>50	626,56	38	269	541	0,999661
Esperança	s	n	>50	292,14	17	341	633	0,999275
Juromenha	s	n	37	330,16	20	198	520	0,998023
São Julião	s	n	>50	159,31	9	499	1009	0,998878
Vila Viçosa	s	n	9	260,07	16	417	714	0,999305
Média ponderada (método de *Thiessen*)						313	624,62	

* de precipitação mensal.

Tabela 4.6: Características das estações de monitorização da Zona 2 (SNIRH, 2010)

Zona 2								
Nome da estação	**> 50% período de registos*?**	**Completo?**	**nº falhas***	**Área (km²)**	**% Área**	**Altitude (m)**	**Média P anual período (mm)**	**Correlação com a média anual (R^2)**
Alandroal	s	n	33	320,99	10	302	620	0,999648
Amareleja	s	n	24	661,97	21	204	524	0,9997
Azaruja	s	n	41	324,70	10	270	585	0,997522
Portel	s	n	21	294,09	9	302	594	0,998676
Reguengos	s	n	4	544,68	17	218	530	0,99942
Santa Susana	s	n	49	325,17	10	208	550	0,998831
Santiago Maior	s	n	34	370,38	12	308	617	0,999677
São Manços	s	n	7	366,34	11	190	523	0,999208
Média ponderada (método de *Thiessen*)						242,66	560,47	

* de precipitação mensal.

Tabela 4.7: Características das estações de monitorização da Zona 3 (SNIRH, 2010)

Zona 3								
Nome da estação	**> 50% período de registos*?**	**Completo ?**	**nº falhas***	**Área (km²)**	**% Área**	**Altitude (m)**	**Média P anual período (mm)**	**Correlação com a média anual (R^2)**
Albernoa	s	n	>50	127,94	2	133	484	0,98277
Alcaria Longa	s	n	47	245,90	5	173	450	0,99755
Algôdor	s	n	41	325,21	6	171	486	0,99927
Almodôvar	s	n	40	211,28	4	290	571	0,99878
Castro Verde	s	n	8	229,13	5	217	519	0,99849
Cuba	s	n	19	149,87	3	180	565	0,9989
Herdade da Valada	s	n	>50	564,84	11	223	503	0,99939
Mértola	s	n	>50	401,30	8	29	431	0,99658
Mesquita	s	n	>50	186,47	4	143	472	0,99865
Pedrógão do Alent.	s	n	25	552,29	11	128	522	0,99942
S. Marcos Atab.	s	n	21	179,30	4	182	473	0,99975
Santa Iria	s	n	>50	396,23	8	145	442	0,99957
Serpa	s	n	6	295,00	6	209	506	0,9997
Sta. Bárbara Padr.	s	n	>50	154,42	3	239	436	0,99904
Sta. Clara Louredo	s	n	>50	226,25	4	195	478	0,99977
Sto. Aleixo Restaur.	s	n	17	476,64	10	271	532	0,99741
Trindade	s	n	16	171,36	3	172	476	0,99956
Vidigueira	s	n	16	144,94	3	203	600	0,99921
Média ponderada (método de *Thiessen*)						180,40	495,21	

* de precipitação mensal.

Tabela 4.8: Características das estações de monitorização agrupadas na Zona 4 (SNIRH, 2010)

Zona 4								
Nome da estação	**> 50% período de registos*?**	**Completo ?**	**nº falhas***	**Área (km²)**	**% Área**	**Altitude (m)**	**Média P anual período (mm)**	**Correlação com a média anual (R^2)**
Alcoutim	s	n	18	85,69	5	32	538	0,99913
Castro Marim	s	n	>50	106,75	6	3	503	0,99969
Corujos	s	n	30	354,00	21	185	536	0,9964
Martim Longo	s	n	40	391,10	23	294	528	0,99914
Pereiro	s	n	24	197,39	12	250	570	0,99989
Santa Cruz	s	n	>50	285,35	17	328	582	0,99969
Sobreira	s	n	21	262,00	16	442	947	0,99791
Média ponderada (método de *Thiessen*)						262,92	607,95	

* de precipitação mensal.

Como se pode verificar (Tabelas 4.5 a 4.8), existem postos que, embora tenham registos que cobrem mais de 50% do período de avaliação (1960/61 a 2009/10), possuem um número considerável de falhas (> 50 meses).

Para completar os registos dos postos seleccionados, com recurso ao método das duplas acumulações, torna-se, então, necessária a selecção de postos-modelo, idealmente por zona parcelar, que deverão possuir registos completos para o período de avaliação (Heras, 1976; Tomás 1979). Porém, no caso presente, verificou-se que nenhum dos postos está totalmente isento de falhas, o que condiciona esse procedimento. Analisando a globalidade dos postos de monitorização disponíveis pôde verificar-se que, apenas o posto de Alcoutim (29M/01UG) possui registos completos no período de 1960/61 até 2007/08 e que, de igual forma, apenas o posto de Serpa (26L/01UG) apresenta registos completos de 2007/08 a 2009/10.

Para validação da escolha dos postos de Alcoutim e Serpa, como postos-modelo globais, foi efectuada uma comparação entre todas as estações que possuem registos completos, no período comum de 1960/61 a 2000/01. Para tal foi avaliado o R^2 entre as precipitações anuais acumuladas de cada posto e o somatório da precipitação anual acumulada de todos esses postos, procedimento similar ao efectuado para cada posto de monitorização (Tabelas 4.5 a 4.8), mas agora de forma independente da zona parcelar em que foram enquadrados (Tabela 4.9). Uma vez que os referidos postos apresentam um R^2 superior a 0,99 e, inclusivamente, no caso do posto de Alcoutim, o valor do R^2 é um dos mais elevados (0,9995), a utilização dos postos indicados (Alcoutim e Serpa) foi considerada válida para completar os registos dos postos das diferentes zonas.

Tabela 4.9: Coeficiente de determinação (R^2) entre cada posto e o somatório de todos os postos com registos completos (período 1960/61 - 1999/00).

Estação de monitorização	R^2
Alcaria Longa	0,9965
Alcoutim	0,9995
Algodôr	0,9997
Almodôvar	0,9992
Amareleja	0,9987
Corujos	0,9977
Cuba	0,9998
Martim Longo	0,9965
Pedrógão do Alentejo	0,9975
Pereiro	0,9991
Portel	0,9952
Reguengos	0,9998
Sto. Aleixo da Restauração	0,9951
São Manços	0,9997
São Marcos da Ataboeira	0,9998
Serpa	0,9984
Trindade	0,9996
Vidigueira	0,9976
Vila Viçosa	0,9991

Não obstante, foi considerado um procedimento de colmatação de falhas em duas fases, procurando manter as características de registos das zonas parcelares identificadas. Em primeiro lugar foram utilizados os postos de Alcoutim e Serpa para completar as séries de registos, nos períodos em que possuem registos completos, dos postos que poderão constituir postos-modelo em cada zona parcelar. A partir destes foram, em seguida, completados os registos dos restantes postos, das zonas parcelares respectivas.

Para selecção dos postos-modelo de cada zona parcelar, foram analisados: (i) o número de falhas, (ii) o valor de precipitação anual média, (iii) a altitude e (iv) o valor de R^2 da P anual acumulada com a P anual acumulada média dos postos da zona parcelar em causa. Tendo por base estes critérios e as características descritas nas Tabelas 4.5 a 4.8, foram seleccionados, como postos modelo das diferentes zonas: Vila Viçosa (21M/01UG) na zona 1, Reguengos (23L/01G) na zona 2, Serpa (26L/01UG) na zona 3 e Alcoutim (29M/01UG) na zona 4. As falhas nos restantes postos foram, então, colmatadas por aplicação do método das duplas acumulações, tendo por base as correlações com os registos dos postos modelo das zonas parcelares respectivas.

É ainda importante referir que, nos períodos em que a manutenção das estações de monitorização das estações automáticas da rede do SNIRH esteve suspensa (Agosto de 2008 a Janeiro de 2009, Junho a Dezembro de 2009 e desde Março de 2010) (SNIRH, 2010), foram

detectados alguns erros significativos nos valores de precipitação mensal, pelo que os mesmos foram substituídos pelos valores obtidos por correlação com o posto modelo respectivo.

Por fim, de modo a validar a aplicação deste método a todos os postos seleccionados foi ainda avaliada a variação da média de precipitação anual entre os valores de base de registos (Tabelas 4.5 a 4.8) e os valores obtidos depois de completados e, corrigidos pelo método das duplas acumulações, para o período de 1960/61 até 2009/2010 (Tabelas 4.10 a 4.13).

Em relação aos resultados obtidos pode concluir-se a razoabilidade dos resultados obtidos, uma vez que a referida variação da média de P anual foi inferior a 10 % em todos os postos, com um máximo de 7,3% para a estação Esperança (19N/03UG). Além disso, verifica-se que a média de P anual se mantém, para todos os postos, dentro dos respectivos intervalos de confiança de 95%. Este intervalo de confiança foi determinado a partir dos registos reais para cada posto, considerando apenas os anos hidrológicos com registos completos, e admitindo que a média das P anual das amostras de cada posto segue uma distribuição normal.

Tabela 4.10: Variação da média e da variância de precipitação anual após aplicação do método das duplas acumulações face aos registos reais dos postos seleccionados (Zona 1)

Zona 1						
Nome estação	Média P anual (mm) registos	Variância registos (mm^2)	Intervalo de confiança (95%) (mm)		Média P anual (mm) série completa	% variação
			min	max		
Degolados	541	23997	474,75	607,25	532,86	-1,5%
Esperança	633	52247	535,24	730,76	682,56	7,3%
Juromenh	561	35644	517,69	604,31	557,44	-0,6%
São Julião	1009	123727	850,84	1167,16	1074,02	6,1%
Vila	745	83316	679,67	810,33	739,50	-0,7%

Tabela 4.11: Variação da média e da variância de precipitação anual após aplicação do método das duplas acumulações face aos registos reais dos postos seleccionados (Zona 2)

Zona 2						
Nome estação	Média P anual (mm) registos	Variância registos (mm^2)	Intervalo de confiança (95%) (mm)		Média P anual (mm) série completa	% variação
			min	max		
Alandroal	608	37768	561,81	654,19	609,99	0,3%
Amareleja	531	23021	496,43	565,57	525,39	-1,1%
Azaruja	590	31338	548,23	631,77	582,88	-1,2%
Portel	628	45705	574,79	681,21	623,80	-0,7%
Reguengos	553	28563	515,00	591,00	548,69	-0,8%
Sta Susana	565	40797	511,62	618,38	567,20	0,4%
Sant. Maior	618	30542	570,04	665,96	614,37	-0,6%
São Manços	529	26850	489,17	568,83	529,38	0,1%

Tabela 4.12: Variação da média e da variância de precipitação anual após aplicação do método das duplas acumulações face aos registos reais dos postos seleccionados (Zona 3)

Zona 3						
Nome estação	Média P anual (mm) registos	Variância registos (mm^2)	Intervalo de confiança (95%) (mm)		Média P anual (mm) série completa	% variação
			min	max		
Albernoa	484	54217	392,73	575,27	486,19	0,4%
Alcaria Longa	446	28456	400,59	491,41	443,53	-0,6%
Algôdor	506	25589	469,05	542,95	499,43	-1,3%
Almodôvar	567	39174	520,96	613,04	559,28	-1,4%
Castro Verde	531	27643	493,12	568,88	528,96	-0,4%
Cuba	560	35241	516,94	603,06	555,37	-0,8%
Herdade da Valada	503	26468	445,73	560,27	502,97	0,0%
Mértola	428	23789	389,91	466,09	422,62	-1,3%
Mesquita	473	37123	392,49	553,51	451,69	-4,7%
Pedrógão do Alent.	518	39033	469,21	566,79	511,23	-1,3%
Sta Bárbara Padrões	436	31475	366,46	505,54	434,27	-0,4%
Sta Clara de Louredo	478	29478	410,70	545,30	489,86	2,4%
Santa Iria	442	33921	363,23	520,77	446,77	1,1%
Sto Aleixo Restaur.	481	38586	435,31	526,69	485,15	0,9%
S. Marcos Ataboeira	479	29410	429,44	528,56	465,77	-2,8%
Serpa	524	32214	483,11	564,89	522,58	-0,3%
Trindade	489	26855	452,16	525,84	488,21	-0,2%
Vidigueira	605	47318	547,51	662,49	600,21	-0,8%

Tabela 4.13: Variação da média e da variância de precipitação anual após aplicação do método das duplas acumulações face aos registos reais dos postos seleccionados (Zona 4)

Zona 4						
Nome estação	Média P anual (mm) registos	Variância registos (mm^2)	Intervalo de confiança (95%) (mm)		Média P anual (mm) série completa	% variação
			min	max		
Alcoutim	489	49188	437,04	540,96	486,41	-0,5%
Castro Marim	503	33965	433,48	572,52	534,91	6,0%
Corujos	536	43724	473,50	598,50	530,67	-1,0%
Martim Longo	533	37596	484,74	581,26	530,12	-0,5%
Pereiro	572	42424	513,12	630,88	555,42	-3,0%
Santa Cruz	582	53596	485,26	678,74	621,15	6,3%
Sobreira	942	98274	864,59	1019,41	962,71	2,2%

4.2.1.2 Escala espacial de avaliação

Reconhecendo-se a importância da análise distribuída da precipitação, inclusive à luz do método de avaliação de secas regionais desenvolvido e detalhado por Santos, M.J. (1996), (1998) torna-se importante destacar, que se, por um lado, a avaliação da distribuição espacial da

afectação da precipitação constitui um razoável alerta para a localização de possíveis impactos, ela não é, no entanto, rigorosa. De facto, essa avaliação não atende às características de utilização da água existente na região, à capacidade de armazenamento instalada, ou à existência de transferências de água entre regiões, o que acaba por desvirtuar os resultados obtidos e a valia dos mesmos na gestão efectiva dos recursos da região e na minimização dos impactos de seca.

Além disso, as unidades de análise e gestão de recursos hídricos[93] foram definidas com o objectivo de constituírem os polígonos de base na avaliação e gestão de secas e, tendo como principal critério de delimitação, a preservação dos limites hidrográficos. Dessa forma, considera-se que a precipitação ocorrida em cada uma dessas áreas (precipitação ponderada) definirá globalmente as disponibilidades da região.

4.2.1.3 Estações de monitorização consideradas nas UAG 1, 2 e 3

As estações de monitorização consideradas tiveram por base as seleccionadas e anteriormente referidas para o tratamento de dados e colmatação de falhas de registos mensais de precipitação, mas apenas circunscritas à área em estudo. A definição da precipitação ponderada, por UAG, foi efectuada atendendo às áreas de influência de cada posto, definidas pelos polígonos de *Thiessen*. Assim, para a zona em estudo consideraram-se as estações de monitorização definidas para cada UAG, em conformidade com as Tabelas 4.14 a 4.16.

Tabela 4.14: Estações de monitorização para avaliação da precipitação na UAG1

UAG 1		
Código (SNIRH)	**Nome**	**Percentagem de área**
18N/01UG	SÃO JULIÃO	11,88%
19N/03UG	ESPERANÇA	21,23%
19O/03UG	DEGOLADOS	45,47%
21M/01UG	VILA VIÇOSA	3,00%
21N/01UG	JUROMENHA	18,43%

Tabela 4.15: Estações de monitorização para avaliação da precipitação na UAG2

UAG 2		
Código (SNIRH)	**Nome**	**Percentagem de área**
21K/01UG	AZARUJA	0,19%
21M/01UG	VILA VIÇOSA	29,01%
21M/02UG	ALANDROAL	42,63%
21N/01UG	JUROMENHA	10,27%
22L/02UG	SANTA SUSANA	0,36%
22M/01UG	SANTIAGO MAIOR	17,48%
23L/01G	REGUENGOS	0,06%

[93] Ver ponto 3.4.2.

Tabela 4.16: Estações de monitorização para avaliação da precipitação na UAG3

UAG 3		
Código (SNIRH)	**Nome**	**Percentagem**
21K/01UG	AZARUJA	13,82%
21M/02UG	ALANDROAL	0,00%
22L/02UG	SANTA SUSANA	13,74%
22M/01UG	SANTIAGO MAIOR	10,15%
23K/01UG	SÃO MANÇOS	15,58%
23L/01G	REGUENGOS	23,01%
24K/01UG	PORTEL	9,95%
24N/01UG	AMARELEJA (D.G.R.N.)	13,08%
25L/01UG	PEDROGÃO DO ALENTEJO	0,68%

4.2.1.4 Análise das séries de precipitação anual

Atendendo à escala espacial definida e às estações de monitorização consideradas, foram obtidas as séries de precipitação mensal, ponderadas para a área de cada UAG, para o período de 1960/61 a 2009/2010 (50 anos), e detalhadas no Anexo 2. A partir dessas séries foram avaliados os dados de precipitação anual, no final do ano hidrológico (Setembro).

Não sendo propósito da presente tese efectuar uma análise estatística exaustiva, refiram-se, ainda assim, os principais descritores estatísticos avaliados, para as séries de precipitação anual, e que foram: a média, a variância, o desvio-padrão, o coeficiente de assimetria e o coeficiente de curtose. Apresentam-se os respectivos resultados, por UAG, na Tabela 4.17.

Tabela 4.17: Estatísticas de precipitação anual no período de 1960/61 a 2009/10

UAG	N amostra	Média (mm)	Variância (mm^2)	Desvio padrão (mm)	Coef. de Assimetria	Coef. de Curtose
1	50	630,41	43271,57	208,02	0,70	0,05
2	50	627,94	39077,91	197,68	0,38	-0,81
3	50	549,59	26538,43	162,91	0,34	-0,74

Das estatísticas analisadas, verifica-se uma diferença significativa entre os valores médios verificados na UAG 1 e 2 e o valor correspondente verificado na UAG 3, em consonância com o verificado em relação às zonas parcelares definidas no ponto anterior (entre a zona 1 e a zona 2, esta última aproximadamente similar à UAG 3). Por outro lado, constata-se que existe alguma assimetria das séries avaliadas (coeficiente de assimetria > 0), correspondendo a uma maior ocorrência de valores de precipitação inferiores à média. No que toca à curtose verifica-se que as séries apresentam um comportamento distinto, na UAG 1 (nem alongada nem achatada – correspondente a um coeficiente de curtose próximo de zero) e nas UAG 2 e 3 (achatadas – coeficiente < 0). Tal permite concluir que, no primeiro caso (UAG 1) verifica-se uma maior ocorrência de valores de precipitação anual em torno da média, enquanto nas UAG 2 e 3 as ocorrências são mais distribuídas ao longo de todo o intervalo de variação.

Nas Figuras 4.4 a 4.6, apresenta-se a variação dos valores de precipitação anual no período 1960/61 a 2009/10, por UAG, por comparação com a média e mediana respectivas. Na Tabela 4.18 são apresentados, por UAG, os valores de precipitação anual, sendo salientados (a cor) os anos abaixo da mediana respectiva no período de análise (60/61 a 09/10).

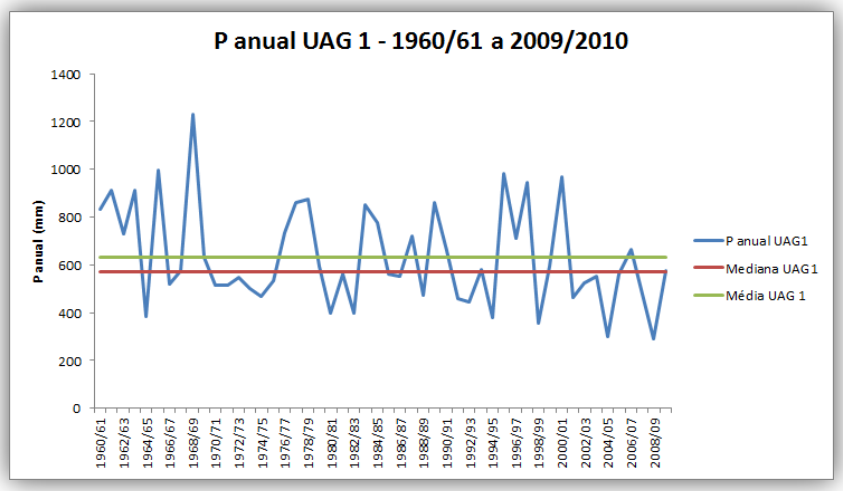


Figura 4.4: Precipitação anual na UAG 1 e comparação com média e mediana respectiva

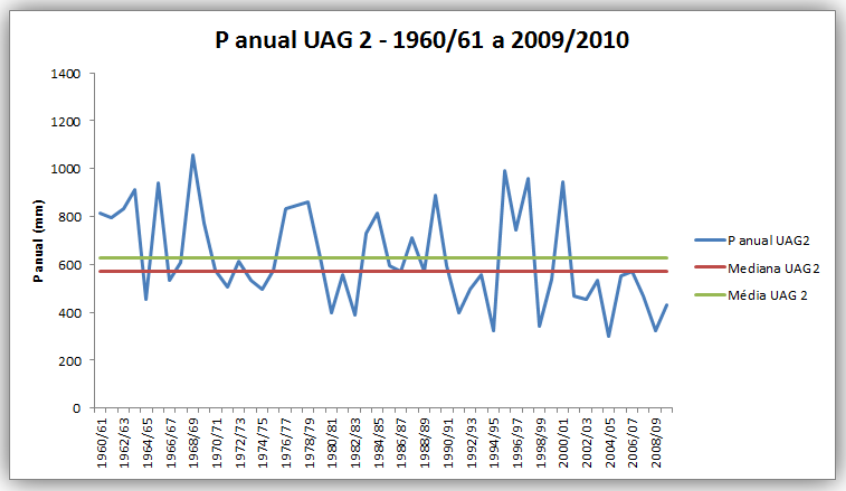


Figura 4.5: Precipitação anual na UAG 2 e comparação com média e mediana respectiva

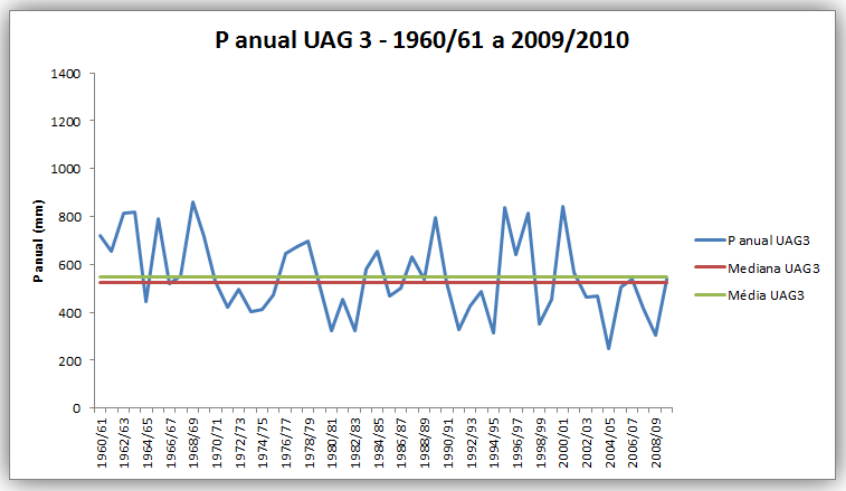


Figura 4.6: Precipitação anual na UAG 3 e comparação com a mediana respectiva

Tabela 4.18: Identificação dos anos abaixo da mediana no período 1960/61 a 2009/10

	UAG 1	UAG 2	UAG 3
Mediana	568,61	572,98	522,91
1960/61	832,73	811,85	720,69
1961/62	910,10	794,45	655,29
1962/63	731,79	831,26	815,30
1963/64	910,05	910,20	817,54
1964/65	384,96	453,96	443,19
1965/66	994,50	941,86	791,34
1966/67	520,35	533,52	521,62
1967/68	575,40	609,71	551,94
1968/69	1231,75	1057,18	861,22
1969/70	631,60	769,69	716,43
1970/71	515,52	573,44	530,04
1971/72	514,79	506,40	419,26
1972/73	549,51	613,56	497,16
1973/74	503,00	531,43	401,87
1974/75	467,94	496,35	412,15
1975/76	535,12	577,07	470,57
1976/77	736,84	830,42	644,38
1977/78	861,88	847,69	673,87
1978/79	873,06	862,63	698,20
1979/80	593,82	625,89	501,39
1980/81	396,87	399,96	323,75
1981/82	560,67	554,62	452,45
1982/83	398,27	387,07	324,48
1983/84	850,82	728,63	582,39
1984/85	775,93	815,25	656,46
1985/86	561,82	595,71	467,82
1986/87	553,57	569,98	500,65
1987/88	722,14	712,57	633,36
1988/89	474,31	572,51	535,91
1989/90	862,15	889,29	796,80
1990/91	661,71	594,94	524,20
1991/92	458,13	396,31	326,02
1992/93	446,61	496,47	426,85
1993/94	580,40	557,63	487,36
1994/95	377,10	322,94	312,51
1995/96	980,02	992,48	837,42
1996/97	709,05	743,42	641,46
1997/98	945,17	959,78	811,96
1998/99	357,45	341,31	352,56
1999/00	594,74	539,97	455,63
2000/01	970,17	945,05	843,06
2001/02	463,60	469,48	564,89
2002/03	525,47	453,04	464,49
2003/04	550,04	533,55	467,97
2004/05	299,83	301,96	249,18
2005/06	559,84	553,72	504,29
2006/07	665,85	571,39	536,37
2007/08	477,57	467,50	415,93
2008/09	289,54	322,37	303,01
2009/10	577,09	429,69	536,90

A partir destes elementos (Figuras 4.4 a 4.6 e Tabela 4.18), foi efectuada uma identificação das principais situações de seca considerando um duplo critério: (i) comparação

dos valores de P anual com a mediana respectiva (representativa da frequência de ocorrência de 50%), (ii) análise de extremos, nomeadamente dos valores mínimos de precipitação anual.

Dessa análise pode concluir-se que ocorreram algumas situações de seca significativas, em especial nos últimos 30 anos (1980/81 a 2009/10). Além disso, é possível comprovar a existência de alguma consistência espacial na afectação dos valores de precipitação anual, devendo ser salientados os anos hidrológicos em que, nas 3 UAG em simultâneo, se verificaram valores de precipitação anual abaixo das medianas respectivas:

- 1964/65
- 1966/67
- 1971/72
- 1973/74 e 1974/75
- 1980/81 a 1982/83
- 1986/87
- 1991/92 e 1992/93
- 1994/95
- 1998/99
- 2002/03 a 2005/06
- 2007/08 e 2008/09

Recordando a avaliação de impactos de seca efectuada no ponto 3.2, é possível comprovar que as principais situações de seca identificadas, a nível nacional, nos últimos 30 anos, a partir da informação existente na Hidrobiblioteca do SNIRH (SNIRH, 2010) – i.e. os anos hidrológicos 1980/81, 1982/83, 1991/92, 1992/93, 1994/95, 1998/99 e 2004/05 – correspondem, também nesta região em estudo, às situações mais gravosas das UAG analisadas.

Em relação a 2008/09, porém, a precipitação anual, nas 3 UAG, tem a mesma ordem de grandeza dos valores verificados no ano de 2004/05, a que corresponde a situação de seca considerada mais gravosa, no período de análise, na região. Todavia, não existem registos de impactos de seca significativos para esse ano. Convém realçar, no entanto, que, nesse ano foram reportados problemas na manutenção das estações meteorológicas do SNIRH (SNIRH, 2010), verificando-se bastantes falhas nos registos das estações seleccionadas, tendo as mesmas sido colmatadas por correlação com outros postos, segundo procedimento descrito anteriormente. Assim, não tendo sido possível aferir se se tratou de uma real situação de seca ou se os valores consideravelmente reduzidos se devem a problemas na medição da variável precipitação, naquele ano, o mesmo não irá ser considerado significativo para a avaliação subsequente, ainda que venha a ser referenciado para comparação com outras variáveis.

Entretanto, com vista a efectuar uma análise de frequência da precipitação anual nas diferentes UAG, foi considerada a hipótese de, as respectivas probabilidades de ocorrência, seguirem uma lei teórica de distribuição de probabilidade, procurando aferir o melhor ajuste a partir das médias e desvios-padrão amostrais.

Em Santos, M.J. (1996) foi considerada a aplicação da transformação de Box-Cox para correcção da assimetria das séries de precipitação anual para a região do Guadiana, tendo sido verificado que as frequências de ocorrência das séries transformadas resultantes seguiam uma distribuição normal. No entanto, atendendo à existência de vários estudos que demonstram a adequabilidade de ajuste da função de distribuição *Gamma* a valores de precipitação (Thom, 1958; 1968; McKee *et al*, 1993), foi considerada a hipótese de aproximação dessa função na distribuição de probabilidade das precipitações anuais, à semelhança do considerado para o índice SPI (McKee *et al*, 1993; Tsakiris *et al*, 2007).

De facto, tal como descrito no ponto 2.2.3, a propósito do índice SPI, a distribuição *Gamma* é dada pela função densidade de probabilidade *g(x)* [4.1]:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \text{ para } x > 0, \qquad [4.1]$$

sendo *α* e *β* parâmetros de forma e de escala respectivamente, *x* o valor de precipitação e *Γ(α)* a função *Gamma*. As soluções de máxima verosimilhança (Tsakiris *et al*, 2007) para os parâmetros *α* e *β* são dadas por [4.2] e [4.3]:

$$\alpha = \frac{1}{4A}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}}\right) \qquad [4.2]$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \qquad [4.3]$$

A é dado por [4.4], sendo *n* o número de observações e:

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \qquad [4.4]$$

Tendo sido verificada, previamente, a aleatoriedade nas séries de precipitação anual (no final do ano hidrológico), por recurso ao teste das sequências ascendentes e descendentes (Guimarães & Cabral, 1997), a análise da adaptabilidade da distribuição a cada amostra foi validada através do teste do Chi-quadrado (X^2), considerando um nível de significância (*p value*) de 0,05 (Guimarães & Cabral, 1997). Na Tabela 4.19 são apresentados os parâmetros de forma e de escala (*α* e *β*, respectivamente) das distribuições *Gamma* determinadas a partir das séries amostrais de precipitação anual, para as três UAG, bem como o *p value* associado, tendo sido possível o ajuste da função *Gamma* ultrapassando largamente o nível de significância considerado (0,05).

Tabela 4.19: Parâmetros de caracterização (*α* e *β*) e *p value* associado, das funções de distribuição *Gamma*, ajustadas às séries de precipitação anual, por UAG

UAG	*alpha*	*beta*	*p value*
	SET		
1	9,559	66,065	0,241
2	10,240	61,711	0,148
3	11,181	49,177	0,217

Tendo por base estas funções de distribuição foi efectuada uma estimativa do período de retorno dos níveis de precipitação anual verificados nas principais situações de seca identificados, tomando por base as probabilidades de não excedência respectivas (Tabela 4.20).

Tabela 4.20: Probabilidades de não excedência e respectivos períodos de retorno, por UAG, da precipitação anual, ao final do ano hidrológico, das situações de seca identificadas.

Anos hid	UAG 1			UAG 2			UAG 3		
	P (mm)	Prob de não exced	Período de retorno (T) anos	P (mm)	Prob de não exced	Período de retorno (T) anos	P (mm)	Prob de não exced	Período de retorno (T) anos)
1980/81	396,87	0,111	9,01	399,96	0,105	9,50	323,75	0,064	15,68
1982/83	398,27	0,113	8,87	387,07	0,090	11,14	324,48	0,065	15,49
1991/92	458,13	0,203	4,93	396,31	0,101	9,93	326,02	0,066	15,09
1992/93	446,61	0,184	5,45	496,47	0,262	3,81	426,85	0,239	4,19
1994/95	377,10	0,088	11,42	322,94	0,034	29,29	312,51	0,052	19,12
1998/99	357,45	0,067	14,82	341,31	0,047	21,47	352,56	0,100	9,98
2004/05	299,83	0,026	37,81	301,96	0,023	43,45	249,18	0,013	78,41

Tal como se pode verificar pela Tabela 4.20, embora haja alguma variabilidade entre as 3 UAG, no período de retorno verificado, confirma-se que a situação de seca de 2004/05 foi, de forma genérica, a mais gravosa dos últimos 50 anos.

4.2.1.5 Análise das séries de precipitação mensal

Uma vez que uma situação de seca pode durar de alguns meses até vários anos, e dado que se verifica, nesta região hidrográfica, uma acentuada sazonalidade na distribuição temporal da precipitação anual[94], os dados de precipitação verificados, nestes 50 anos, em cada UAG, foram, também, analisados, especificamente para cada mês do ano hidrológico. Apresentam-se nas Tabelas 4.21 a 4.23, os respectivos resultados, por UAG. Além disso, nas Figuras 4.7 a 4.9, são representados os respectivos gráficos *Box & Whisker*, para cada UAG, com a mediana, percentis 25 e 75 e valores máximos e mínimos verificados para a precipitação mensal.

Tabela 4.21: Estatísticas das séries de precipitação mensal, no período de 1960/61 a 2009/10, na UAG 1

UAG 1						
Mês	N amostra	Média (mm)	Variância (mm^2)	Desvio padrão (mm)	Coef. de Assimetria	Coef. de Curtose
Out	50	76,32	3640,81	60,34	1,05	0,68
Nov	50	91,98	5848,75	76,48	1,33	1,71
Dez	50	93,39	6794,27	82,43	1,12	0,38
Jan	50	70,88	3526,55	59,38	1,74	4,64
Fev	50	84,06	4510,63	67,16	1,05	0,72
Mar	50	60,67	2438,44	49,38	1,05	0,71
Abr	50	55,76	1575,23	39,69	0,81	-0,13
Mai	50	42,93	1140,39	33,77	0,87	0,14
Jun	50	21,84	538,58	23,21	1,21	0,88
Jul	50	3,02	35,76	5,98	2,61	6,43
Ago	50	4,29	64,86	8,05	2,67	7,39
Set	50	25,27	518,35	22,77	0,94	0,44

[94] Ver ponto 3.3.5.

Tabela 4.22: Estatísticas das séries de precipitação mensal, no período de 1960/61 a 2009/10, na UAG 2.

UAG 2						
Mês	**N amostra**	**Média (mm)**	**Variância (mm²)**	**Desvio padrão (mm)**	**Coef. de Assimetria**	**Coef. de Curtose**
Out	50	76,24	3954,78	62,89	1,09	1,06
Nov	50	85,95	4586,57	67,72	1,07	1,13
Dez	50	93,11	6951,32	83,37	1,25	0,84
Jan	50	82,65	4701,41	68,57	1,43	2,43
Fev	50	76,39	3508,05	59,23	0,73	-0,50
Mar	50	58,27	2207,37	46,98	1,02	0,37
Abr	50	54,67	1531,36	39,13	0,78	-0,19
Mai	50	44,26	1375,02	37,08	1,34	1,94
Jun	50	21,76	601,06	24,52	1,83	4,05
Jul	50	3,82	48,54	6,97	2,22	4,18
Ago	50	4,56	55,82	7,47	1,93	3,74
Set	50	26,28	648,67	25,47	1,66	4,00

Tabela 4.23: Estatísticas das séries de precipitação mensal, no período de 1960/61 a 2009/10, na UAG 3.

UAG 3						
Mês	**N amostra**	**Média (mm)**	**Variância (mm²)**	**Desvio padrão (mm)**	**Coef. de Assimetria**	**Coef. de Curtose**
Out	50	69,62	3113,00	55,79	0,70	-0,60
Nov	50	71,97	3039,30	55,13	1,37	2,71
Dez	50	78,62	4518,30	67,22	1,22	0,71
Jan	50	70,40	3456,87	58,80	1,68	3,75
Fev	50	65,67	2450,48	49,50	0,63	-0,62
Mar	50	49,52	1611,54	40,14	1,14	1,01
Abr	50	51,06	1118,26	33,44	0,63	-0,15
Mai	50	38,77	912,29	30,20	0,87	-0,06
Jun	50	21,87	563,74	23,74	1,81	4,18
Jul	50	3,66	37,94	6,16	1,75	1,91
Ago	50	4,03	55,10	7,42	3,03	10,62
Set	50	24,38	485,40	22,03	1,10	0,60

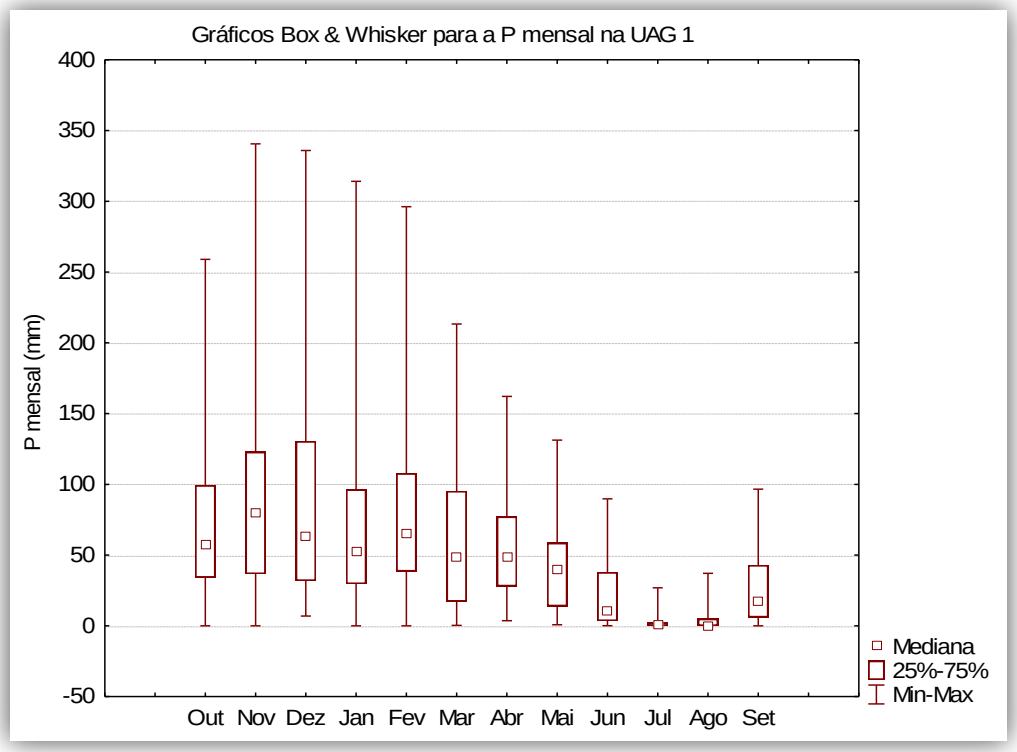


Figura 4.7: Gráfico *Box & Whisker* para os dados de P mensal no período de 1960/61 a 2009/10, na UAG 1.

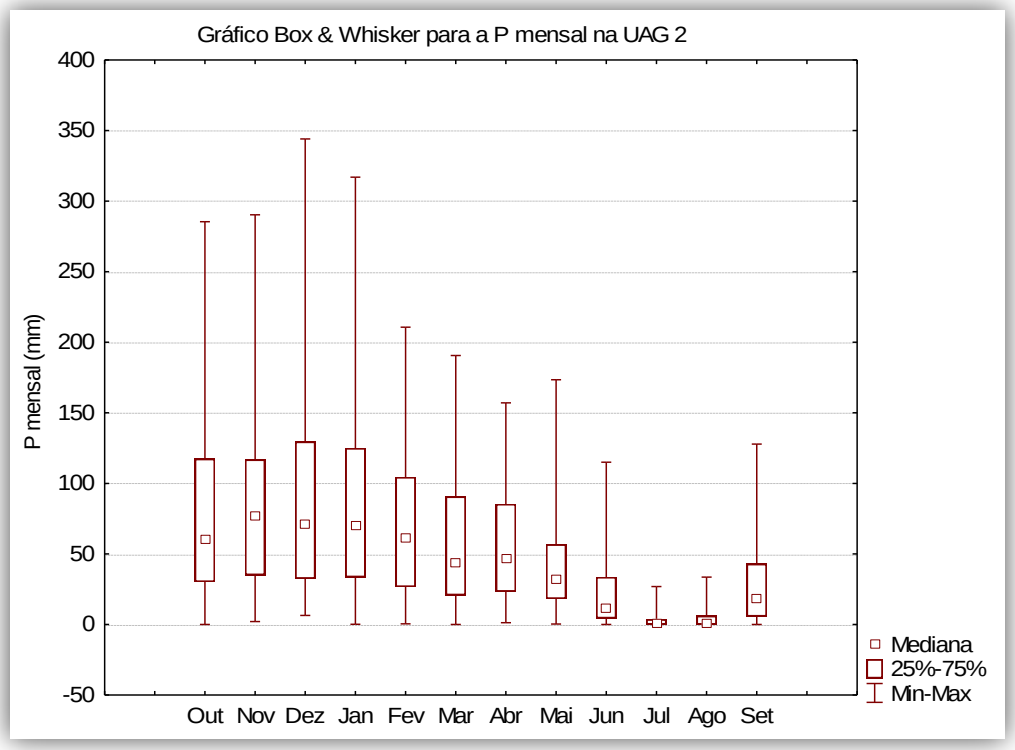


Figura 4.8: Gráfico *Box & Whisker* para os dados de P mensal no período de 1960/61 a 2009/10, na UAG 2.

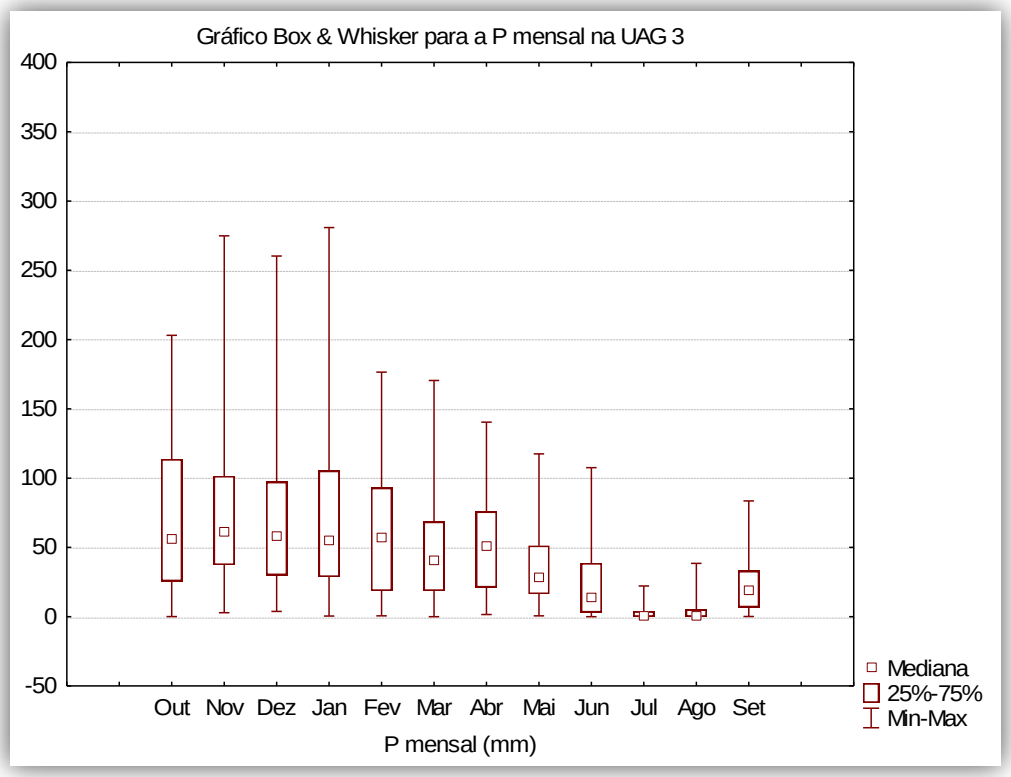


Figura 4.9: Gráfico *Box & Whisker* para os dados de P mensal no período de 1960/61 a 2009/10, na UAG 3.

Da análise dos descritores estatísticos obtidos para as diferentes séries de precipitação mensal, em cada UAG, no período de 1960/61 a 2009/10 (Tabelas 4.21 a 4.23), verifica-se uma assimetria acentuadamente positiva (> 0,6) em todos os meses do ano hidrológico das diferentes UAG, confirmada pelos gráficos *Box & Whisker* (Figuras 4.7 a 4.9). Tal significa uma maior ocorrência de valores inferiores à média no período considerado.

Quanto à dispersão (curtose), as séries de precipitação mensal apresentam alguns dados inconclusivos, uma vez que, se os valores de desvio padrão são da mesma ordem de grandeza da média, apontando para um nível de dispersão elevado, os valores do coeficiente de curtose (ou de achatamento) variam entre valores muito elevados, superiores a 1 (indicativos de séries de valores com uma distribuição de ocorrência alongada) e valores negativos (indicativos de séries de valores achatadas), tanto entre os diferentes meses do ano hidrológico, como entre as diferentes UAG consideradas.

Verifica-se, ainda, uma considerável amplitude dos valores mensais, mais significativa nos meses de Outubro a Janeiro (Outono/ Inverno) e mais reduzida nos meses de Julho e Agosto (Verão), confirmando-se a forte sazonalidade na distribuição da precipitação ao longo do ano, característica da região hidrográfica do Guadiana. Ainda assim, verifica-se que, em todos os meses do ano hidrológico, os valores mínimos no período de avaliação corresponderam a zero ou valores muito próximos de zero, o que realça a importância das situações de seca na região.

Tal como levado a cabo para a precipitação anual, procurou-se efectuar uma avaliação de frequência dos valores de precipitação para cada mês do ano hidrológico. Para tal, foi

afastada a hipótese de consideração da distribuição normal para ajuste da distribuição das frequências de ocorrência de dados de precipitação mensal, mesmo admitindo algum tipo de transformação, como a *Box-Cox*, utilizada para a precipitação anual em Santos, M.J. (1996). De facto, ainda que, em alguns meses, a distribuição de probabilidade se aproxime da normal, noutros isso já não se verifica, dado os valores de coeficiente de curtose serem demasiado elevados ou reduzidos, verificando-se ainda uma forte variabilidade dos coeficientes de assimetria, tanto entre os diferentes meses do ano hidrológico, como entre as diferentes UAG.

Foi, assim, considerada a função de distribuição *Gamma* para aproximação da distribuição de probabilidade das precipitações mensais, à semelhança do considerado para o índice SPI (McKee *et al*, 1993; Tsakiris *et al*, 2007). Sendo o processo globalmente idêntico ao descrito para as séries de precipitação anual, importa referir, porém, duas particularidades: (i) foram obtidos valores de α e β específicos para cada mês do ano hidrológico, pelas características particulares dos valores de precipitação verificados em cada mês; (ii) como a função *Gamma* é indefinida para o valor 0, foi considerado, à semelhança do processo de cálculo do SPI, que a função de distribuição de probabilidade completa *H(x)* seria dada por [4.5]:

$$H(x) = q + (1 - q)g(x) \qquad [4.5]$$

sendo *q* a probabilidade de ocorrência do valor 0, aproximada pela frequência de ocorrência deste valor na série de registos, e *g(x)* a probabilidade cumulativa da função *Gamma*.

Com base nesse procedimento foi, então, avaliada a aproximação da função *Gamma* na distribuição da probabilidade da precipitação, em cada mês do ano hidrológico, nos 50 anos do período em análise. Para o efeito foi, também, considerado o teste de X^2, admitindo um nível de significância (*p value*) de 0.05.

Na Tabela 4.24 apresentam-se os resultados obtidos para cada mês, por UAG, destacando a existência ou não de zeros, os parâmetros de forma e de escala α e β, respectivamente, bem como o *p value* associado.

Tabela 4.24: Parâmetros de caracterização, e respectivo *p value,* no ajuste da função de distribuição de probabilidade *Gamma* aos valores de precipitação mensal, por UAG.

Meses do ano	UAG 1				UAG 2				UAG 3			
	zeros	*alpha*	*beta*	*p value*	zeros	*alpha*	*beta*	*p value*	zeros	*alpha*	*beta*	*p value*
Out	s	1,638	49,208	0,067	s	1,189	65,358	0,587	n	1,028	67,751	0,239
Nov	s	1,401	66,811	0,587	n	1,284	66,885	0,636	n	1,545	46,575	0,733
Dez	n	1,314	70,550	0,369	n	1,336	70,573	0,010	n	1,365	57,928	0,450
Jan	s	1,374	53,535	0,212	n	1,055	78,985	0,494	n	1,126	62,747	0,408
Fev	n	1,149	73,146	0,333	n	1,217	63,357	0,029	n	1,262	52,053	0,267
Mar	n	1,326	45,763	0,025	s	1,632	36,421	0,408	s	1,630	31,643	0,733
Abr	n	1,702	32,796	0,369	n	1,619	33,754	0,540	n	1,837	27,890	0,540
Mai	n	1,263	33,978	0,540	n	1,177	37,612	0,733	n	1,274	30,461	0,167
Jun	n	0,751	29,105	0,494	s	0,773	28,740	0,733	s	0,782	28,671	0,051
Jul	s	0,590	7,726	0,085	s	0,428	12,385	0,570	s	0,397	12,478	0,043
Ago	s	0,699	11,369	0,841	s	0,371	18,081	0,391	s	0,388	14,485	0,065
Set	s	1,592	18,363	0,082	n	0,696	38,448	0,077	n	0,922	26,919	0,029

Verifica-se, neste caso, que, admitindo um nível de significância de 0.05, não é possível considerar a aproximação da função *Gamma*, para todos os meses do ano, nas três UAG. Tal facto limita a aplicação generalizada da lei teórica *Gamma* à avaliação da probabilidade de ocorrência dos valores de precipitação mensal.

Ainda em relação à função de distribuição *Gamma*, refira-se que foi efectuada uma tentativa de aproximação da mesma às séries mensais de precipitação acumulada de 3, 6 e 12 meses, obtidas, em cada mês, pela soma dos valores de precipitação mensal dos 3, 6 ou 12 meses anteriores, respectivamente. Considerando um procedimento idêntico ao levado a cabo para a avaliação de precipitações mensais, os resultados obtidos para as 3 escalas temporais são apresentados no Anexo 3. Refira-se, no entanto que, tal como no caso das precipitações mensais, se verifica que também não é possível considerar a aproximação dessa função para as três UAG, para todos os meses do ano, no caso da precipitação acumulada a 3 e a 6 meses, embora tal seja conseguido para a precipitação acumulada a 12 meses. Sendo este procedimento correspondente à base de cálculo do índice SPI, estes resultados colocam em causa, igualmente, a aplicabilidade do índice SPI, nas escalas temporais de precipitação acumulada de 3 e de 6 meses, à região em análise.

Face aos resultados obtidos foi, então, considerada, para efeito da aproximação da frequência de ocorrência dos valores de precipitação mensal ou acumulada até 12 meses, a distribuição de frequência das séries amostrais utilizadas (P mensal ponderada para cada UAG)[95].

Por fim, foi efectuada uma avaliação do histórico de registos (1960/61 a 2009/10) comparando os valores de precipitação mensal com as respectivas medianas de cada mês do ano hidrológico. Os valores inferiores às mesmas são salientados, para a UAG 1, na Tabela 4.25. Os respectivos resultados para as UAG 2 e 3 são apresentados no Anexo 4.

Por análise desses dados, por UAG, verifica-se que as principais situações de seca apontadas na avaliação dos dados de P anual (80/81, 82/83, 91/92, 92/93, 94/95, 98/99 e 04/05) correspondem a anos hidrológicos em que, nas três UAG, mais de metade dos meses esteve abaixo das medianas respectivas. Verifica-se igualmente que, nessas situações, os meses de Outono/ Inverno (de Outubro a Março) foram alguns dos meses mais afectados.

[95] Essa avaliação será devidamente aprofundada no ponto 4.4.1.

Tabela 4.25: Avaliação dos registos de precipitação mensal, no período 1960/61 a 2009/10, por comparação com a mediana de cada mês do ano hidrológico (UAG 1).

UAG 1	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
Mediana	**57,90**	**80,32**	**63,05**	**52,47**	**65,35**	**48,29**	**48,28**	**39,40**	**10,74**	**0,45**	**0,24**	**17,26**
1960/61	193,28	197,47	91,48	40,03	38,52	43,49	50,48	99,51	51,16	1,58	0,00	25,72
1961/62	56,78	165,85	217,22	85,06	44,62	168,85	66,31	9,76	35,59	0,00	0,00	60,07
1962/63	81,51	63,03	102,53	143,65	169,36	55,00	48,62	15,89	37,85	0,00	0,00	14,37
1963/64	34,20	225,06	190,80	19,16	189,54	140,75	11,11	18,59	46,71	11,35	0,52	22,26
1964/65	8,26	19,03	17,48	70,13	76,81	110,42	15,65	11,32	12,83	0,00	0,00	43,04
1965/66	180,04	122,86	118,66	150,05	199,52	51,38	130,65	18,04	1,75	0,00	7,91	13,64
1966/67	61,09	47,75	41,65	52,32	92,11	111,05	47,94	58,57	7,86	0,00	0,00	0,00
1967/68	43,05	95,69	20,86	0,00	172,18	113,63	28,75	45,01	5,88	0,00	37,12	13,24
1968/69	49,75	264,53	130,44	107,28	296,26	213,34	42,19	48,14	24,27	1,30	0,00	54,23
1969/70	91,11	145,40	23,56	200,55	11,98	17,21	6,06	47,49	88,23	0,00	0,00	0,00
1970/71	0,00	48,32	38,84	120,34	6,51	50,97	121,07	78,38	48,56	1,51	1,01	0,00
1971/72	0,00	0,00	42,89	89,91	209,65	89,83	4,17	25,77	4,45	2,36	0,00	45,77
1972/73	123,57	48,60	101,87	82,71	14,45	45,62	11,91	88,40	32,08	0,29	0,00	0,00
1973/74	26,41	49,03	69,92	49,48	102,65	78,22	60,75	22,05	44,50	0,00	0,00	0,00
1974/75	0,00	63,83	12,78	31,73	87,04	162,02	30,96	55,12	4,17	0,00	0,00	20,30
1975/76	47,47	26,02	67,78	25,56	89,18	35,14	126,37	11,54	22,52	18,11	0,00	65,44
1976/77	110,30	86,06	165,24	97,05	184,34	10,32	5,67	8,41	55,89	3,91	0,00	9,66
1977/78	88,33	87,78	205,43	23,59	174,68	59,13	127,10	43,11	50,01	0,00	0,00	2,73
1978/79	50,42	36,70	239,60	96,37	201,40	97,84	108,65	1,07	7,41	13,99	0,00	19,61
1979/80	259,01	12,34	34,81	30,63	63,90	96,70	17,92	54,69	6,61	0,89	11,90	4,43
1980/81	55,72	57,17	6,91	1,41	34,53	71,29	80,58	41,28	5,55	0,00	3,09	39,35
1981/82	33,74	1,25	250,54	76,45	55,98	21,35	31,15	13,92	7,08	2,02	17,72	49,47
1982/83	22,50	117,72	28,64	1,61	53,42	6,88	92,41	37,52	15,66	1,14	0,00	20,77
1983/84	42,95	340,63	116,97	44,66	10,51	94,23	62,89	64,09	58,66	3,25	5,06	6,92
1984/85	82,26	140,28	67,11	178,12	108,30	15,46	124,32	44,32	10,28	0,50	0,00	4,98
1985/86	1,19	101,50	76,80	57,93	136,90	15,95	54,35	20,50	0,14	0,00	0,00	96,55
1986/87	40,63	41,17	35,17	118,33	96,29	22,84	107,59	4,15	7,94	26,88	9,67	42,91
1987/88	83,95	75,60	155,93	143,85	41,28	10,50	46,86	53,04	89,75	21,38	0,00	0,00
1988/89	59,62	85,04	10,58	40,70	58,10	35,30	70,07	74,74	0,24	0,00	3,09	36,83
1989/90	84,49	218,77	335,93	52,62	10,99	35,46	95,21	10,11	0,18	0,21	3,28	14,90
1990/91	168,95	104,42	60,89	44,69	104,92	106,25	46,69	5,99	4,00	0,40	0,00	14,51
1991/92	77,94	26,43	64,10	19,81	38,09	18,01	62,67	36,44	55,40	4,89	31,49	22,88
1992/93	59,01	10,93	62,00	23,15	38,55	33,35	77,17	95,65	11,21	0,00	3,77	31,83
1993/94	123,52	94,48	8,84	70,26	103,16	19,21	20,01	131,23	0,91	0,91	0,68	7,19
1994/95	62,34	89,49	31,84	51,70	50,85	11,15	15,32	10,65	32,86	3,93	4,90	12,09
1995/96	11,75	137,43	234,93	314,11	59,43	64,27	31,13	75,97	2,58	1,15	0,06	47,22
1996/97	47,68	94,99	226,89	134,31	0,03	0,36	20,62	82,31	32,69	15,22	13,51	40,43
1997/98	94,40	282,45	175,04	57,15	85,85	16,23	48,79	124,80	8,87	0,00	0,00	51,58
1998/99	9,29	38,22	36,02	67,72	7,17	60,66	32,97	42,14	1,45	0,00	8,47	53,32
1999/00	207,55	12,43	42,93	7,37	15,06	14,90	162,17	115,58	2,89	1,61	0,00	12,25
2000/01	26,41	153,06	261,96	136,52	107,76	147,47	3,62	57,81	15,74	2,25	0,76	56,82
2001/02	99,32	23,95	16,23	70,35	17,30	95,24	40,63	23,25	3,51	0,25	2,81	70,74
2002/03	50,58	98,46	109,83	49,39	66,79	66,21	60,28	5,24	2,54	0,38	4,94	10,83
2003/04	167,84	112,65	61,14	42,84	42,80	36,96	28,04	24,28	3,09	0,25	24,55	5,61
2004/05	147,49	24,49	23,28	2,10	10,70	29,56	19,61	30,98	3,34	0,22	1,97	6,08
2005/06	154,44	54,83	49,25	29,62	46,27	97,78	34,62	0,74	45,28	6,94	9,19	30,88
2006/07	163,95	153,79	40,00	27,68	71,37	16,18	51,94	47,86	45,11	0,76	6,76	40,46
2007/08	55,00	63,22	11,76	50,64	81,16	15,81	111,02	73,87	2,33	0,02	0,40	12,32
2008/09	25,25	17,24	27,76	94,61	52,78	12,91	35,85	3,95	12,05	1,09	0,09	5,95
2009/10	51,80	21,50	106,23	18,95	171,97	90,66	56,99	33,10	22,47	0,00	0,00	3,44

4.2.2 Escoamento

Para avaliação de registos de escoamento foram analisadas as principais estações hidrométricas existentes na região em estudo (SNIRH, 2010). Foram excluídas desta avaliação as estações hidrométricas sem dados, ou com medição de níveis hidrométricos instantâneos, mas que não têm disponível a respectiva curva de vazão. Por outro lado, procurou-se seleccionar as estações hidrométricas que não tivessem aproveitamentos hidráulicos a montante, na mesma linha de água, uma vez que a regulação de caudais pode adulterar eventuais efeitos no escoamento, decorrentes de uma situação de seca.

Porém, atendendo aos critérios indicados, verifica-se que apenas as estações de Monte Pisão e Ponte Algalé, ambas situadas na UAG 1 (Figura 4.10 e Tabela 4.26), se encontram nessas condições, o que limita consideravelmente a avaliação do escoamento superficial gerado nas UAG 2 e 3. Por outro lado, é possível verificar que essas estações possuem um reduzido histórico de registos (ver Anexo 5), agravado pela existência de falhas significativas.

Atendendo a estas limitações, foram igualmente considerados os registos de escoamento da estação Amieira (Figura 4.10 e Tabela 4.26), localizada no rio Degebe, para que fosse possível a avaliação dos eventuais efeitos de seca no escoamento superficial gerado na UAG 3. De facto, apesar de estar actualmente extinta, e de estar situada a jusante dos empreendimentos de Monte Novo e Vigia[96], a estação de Amieira foi considerada devido ao comprimento significativo dos respectivos registos existentes (de 1965/66 a 2000/01 – ver Anexo 5), e por se admitir que, a regulação a montante dessa estação, tem uma influência reduzida no regime de escoamento verificado na secção da mesma, sendo próximo do natural. Este último pressuposto foi assumido atendendo a que os principais aproveitamentos existentes (Monte Novo e Vigia) se encontram bastante afastados da secção da estação de Amieira (Figura 4.10), e possuem uma capacidade útil (14,78 e 15,58 hm^3, respectivamente) que totaliza cerca de 15% do escoamento verificado num ano médio na secção da estação hidrométrica considerada (194 hm^3/ano).

Por fim, refira-se que não existe qualquer estação hidrométrica na área da UAG 2, impossibilitando a avaliação directa dos efeitos de seca no escoamento superficial dessa região.

Assim, as três estações hidrométricas (SNIRH, 2010) consideradas na região em estudo são listadas na Tabela 4.26 e representadas na Figura 4.10.

Tabela 4.26: Características das estações hidrométricas consideradas na zona de estudo, ordenadas de montante para jusante (SNIRH, 2010)

Código (SNIRH)	Nome	Altitude (m)	Coord_X	Coord_Y	UAG	Rio	Área drenada (km^2)	Tipo de dados
19N/01H	Monte Pisão	252	274.344.203	238.513.84	1	Rio Caia	221,3	Esc. mensal
19N/02H	Ponte Algalé	240	274.710.895	232.350.213	1	Ribeira de Algalé	123,8	Esc. mensal
24L/01H	Amieira	148	250.693.21	148.269.954	3	Rio Degebe	1477,2	Esc. mensal

[96] Ver ponto 4.2.3.

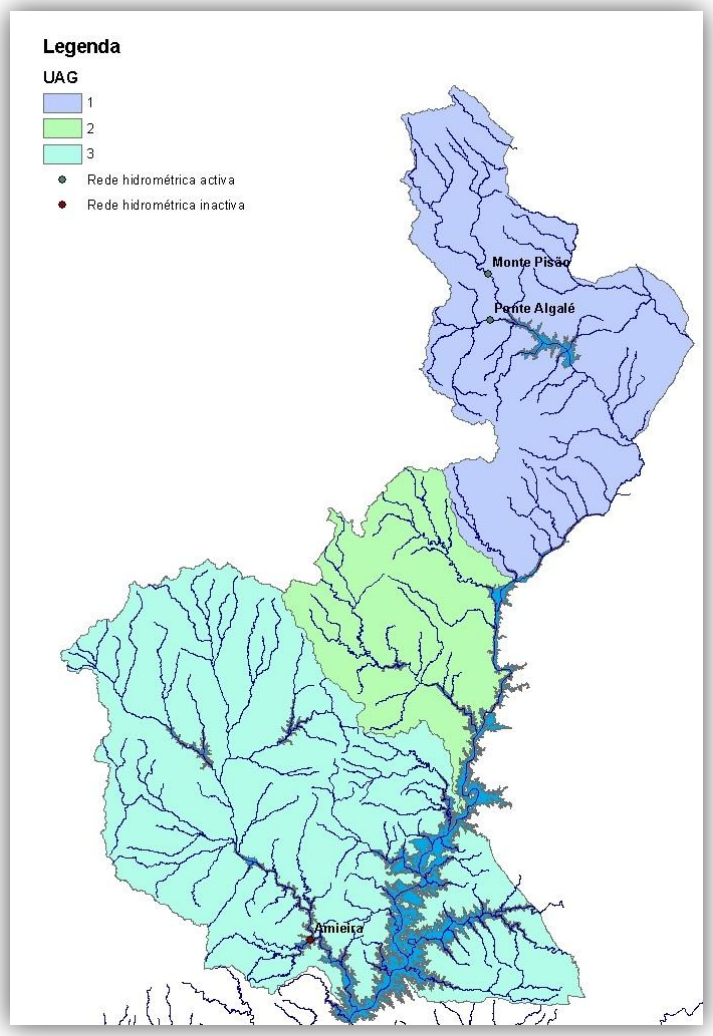


Figura 4.10: Localização das estações hidrométricas consideradas na zona de estudo (SNIRH, 2010).

4.2.2.1 Avaliação dos dados de escoamento anual

Os dados de escoamento anual para as estações hidrométricas consideradas encontram-se resumidos na Tabela 4.27, tendo sido determinados os valores de escoamento por unidade de área drenada, (em mm), através da divisão dos registos, em volume, de escoamento pela bacia hidrográfica definida pela secção de cada uma das estações hidrométricas. Refira-se, no entanto, que existe uma considerável falha de dados para o período histórico de 1960/61 a 2009/10, nas três estações seleccionadas. Por outro lado, nas estações activas (Monte Pisão e Ponte Algalé), não existem registos de escoamento mensal desde o ano hidrológico de 2006/07 (SNIRH, 2010).

Devido ao reduzido número de estações na região, bem como aos poucos anos hidrológicos com registos de escoamentos mensais, não foi possível completar as falhas existentes nestas séries amostrais. Pelo mesmo motivo, não foi possível a avaliação de frequência para caracterização dos escoamentos mensais ou anuais em situações de seca.

Tabela 4.27: Dados de escoamento anual (ao final do ano hidrológico) (SNIRH, 2010)

Escoamento anual (Set)	Mte. Pisão	Pte. Algalé	Amieira
	(mm)	(mm)	(mm)
1960/61	-	-	-
1961/62	-	-	-
1962/63	-	-	-
1963/64	-	-	-
1964/65	-	-	-
1965/66	-	-	325,81
1966/67	-	-	44,38
1967/68	-	-	106,02
1968/69	-	-	385,2
1969/70	-	-	362,92
1970/71	-	-	45,15
1971/72	-	-	111,2
1972/73	-	-	48,22
1973/74	-	-	17,17
1974/75	-	-	30,86
1975/76	-	-	4,74
1976/77	-	-	199,3
1977/78	-	-	-
1978/79	-	-	309,45
1979/80	-	-	-
1980/81	-	-	3,29
1981/82	198,97	-	37,25
1982/83	-	0,99	1,79
1983/84	254,03	-	72,25
1984/85	345,03	-	229,23
1985/86	151,90	57,50	45,29
1986/87	150,07	60,59	44,37
1987/88	266,73	97,04	125,38
1988/89	40,40	1,41	20,06
1989/90	301,45	302,05	446,09
1990/91	-	131,79	123,59
1991/92	-	1,60	-
1992/93	-	1,49	-
1993/94	-	37,78	46,95
1994/95	-	-	-
1995/96	-	-	-
1996/97	-	-	179,55
1997/98	-	-	307,36
1998/99	-	-	6,4
1999/00	-	-	-
2000/01	-	-	-
2001/02	0,63	6,46	-
2002/03	115,39	146,87	-
2003/04	135,22	-	-
2004/05	11,56	3,56	-
2005/06	55,99	46,78	-
2006/07	-	-	-
2007/08	-	-	-
2008/09	-	-	-
2009/10	-	-	-

Ainda assim, foi efectuada uma avaliação das séries amostrais disponíveis, considerando apenas os anos hidrológicos completos, para determinação dos valores de escoamento anual. As principais estatísticas analisadas foram: média, desvio padrão, coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose, mediana, valor máximo e valor mínimo (Tabela 4.28).

Tabela 4.28: Análise das séries de dados de escoamento anual (mm) dos anos hidrológicos com registos completos nas estações hidrométricas consideradas

Parâmetros de avaliação das séries escoamento anual (mm)	UAG 1		UAG 3
	Mte. Pisão	Pte Algalé	Amieira
Elementos da amostra	13	14	28
Média	155,95	63,99	131,40
Desvio padrão	112,21	84,54	134,99
Coeficiente de assimetria	0,20	1,93	1,02
Coeficiente de curtose	-1,08	4,23	-0,27
Mediana	150,07	42,28	60,24
Min	0,63	0,99	1,79
Max	345,03	302,05	446,09

Da análise das estatísticas resumidas na Tabela 4.28, pode verificar-se a existência de algumas disparidades nos parâmetros analisados para as três estações hidrométricas consideradas, fruto, também, das diferenças nos períodos de registos e dos anos com valores de escoamento anual, tal como se pode verificar na Tabela 4.27.

Não obstante, salienta-se a diferença considerável no valor do escoamento mediano (em mm) entre a estação de Monte Pisão (próxima da média) e os valores obtidos para as restantes estações. Uma vez que a estação de Amieira, com um maior número de dados amostrais, possui um valor mais próximo da estação de Ponte Algalé, o problema poderá residir na qualidade dos registos existentes para a estação de Monte Pisão. Ainda assim, representam-se, nas Figuras 4.11 a 4.13, os dados de escoamento anual, em comparação com a mediana respectiva e com os valores de precipitação anual, nas bacias hidrográficas das estações consideradas.

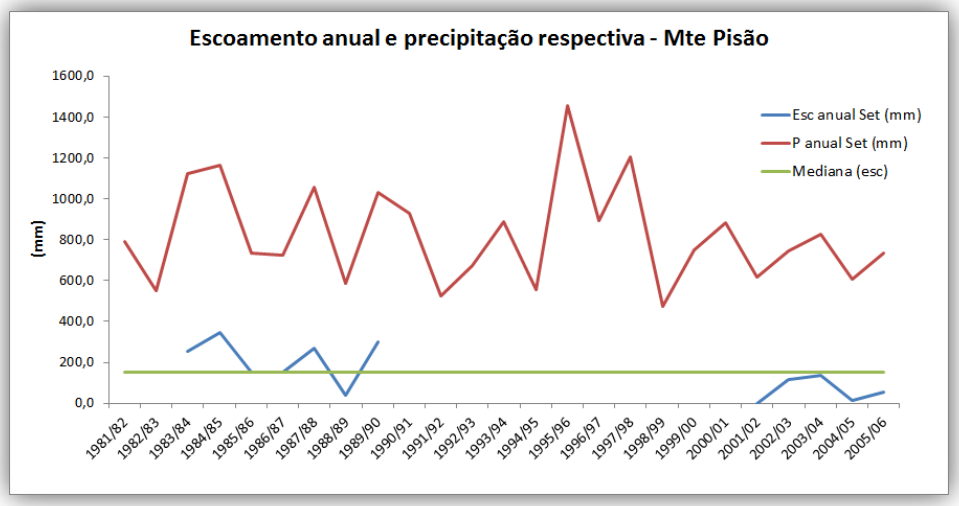


Figura 4.11: Representação do escoamento anual no período de registos para a estação de Monte Pisão e comparação com a mediana e precipitação anual ocorrida na bacia.

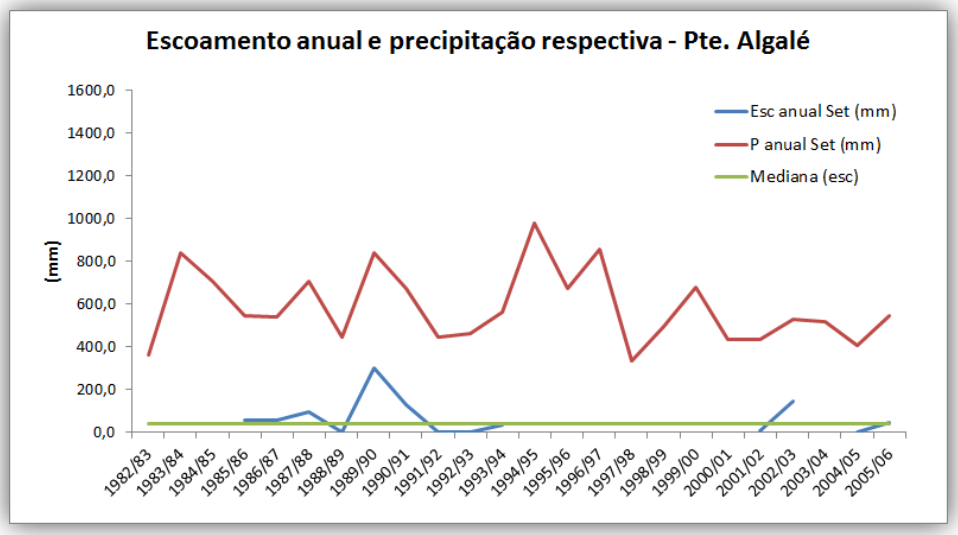


Figura 4.12: Representação do escoamento anual no período de registos para a estação de Ponte Algalé e comparação com a mediana e precipitação anual ocorrida na bacia.

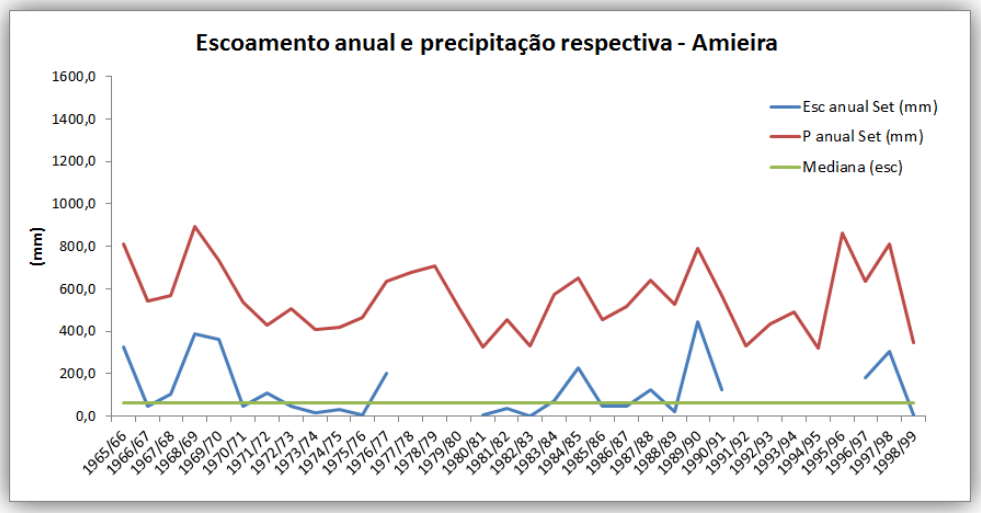


Figura 4.13: Representação do escoamento anual no período de registos para a estação de Amieira e comparação com a mediana e precipitação anual ocorrida na bacia.

Os valores de precipitação foram obtidos, nas bacias respectivas, por ponderação, pelo método de *Thiessen*, das áreas de influência das estações meteorológicas seleccionadas no ponto 4.2.1 (Figura 4.14).

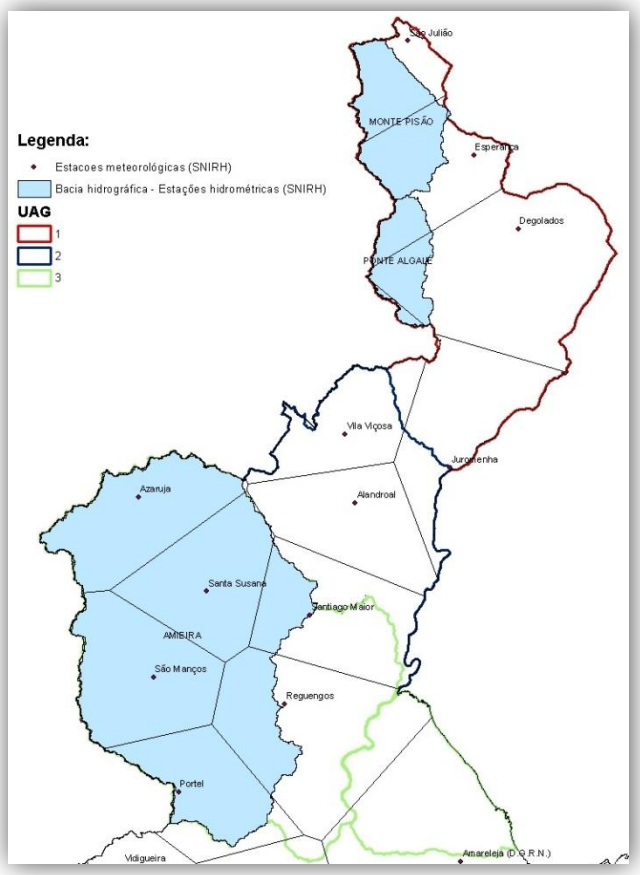


Figura 4.14: Área de influência dos postos de precipitação (polígonos de *Thiessen*) nas estações hidrométricas seleccionadas (SNIRH, 2010)

Ainda da análise dos dados da Tabela 4.28, bem como das Figuras 4.11 a 4.13 é possível comprovar que, apesar das falhas de dados significativas em qualquer das estações hidrométricas, nas principais situações de seca (1980/81, 1982/83, 1991/92, 1992/93, 1994/95, 1998/99, e 2004/05) se verificaram os valores mais reduzidos de escoamento anual.

Além disso, também a partir das Figuras 4.11 a 4.13, é possível verificar um comportamento similar entre a evolução dos valores de precipitação e os de escoamento anual correspondentes. A correlação entre esses dados foi analisada para cada uma das estações hidrométricas consideradas, sendo os resultados apresentados nas Figuras 4.15 a 4.17.

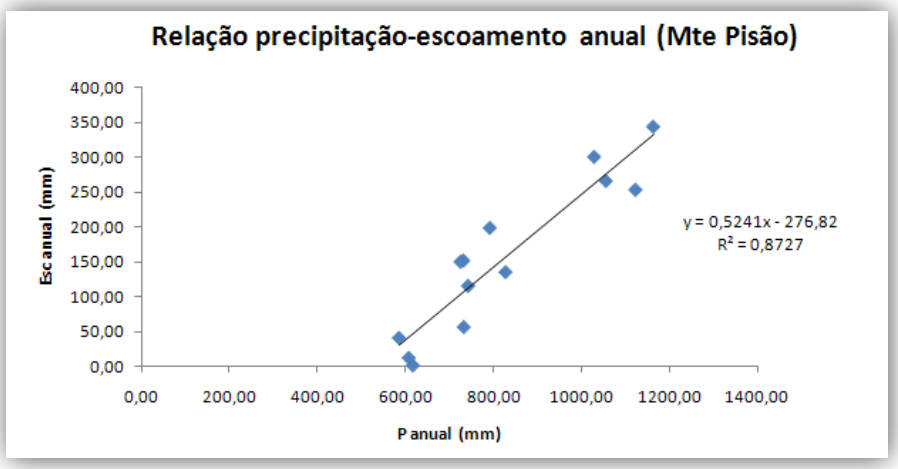


Figura 4.15: Relação precipitação-escoamento anual para a estação de Monte Pisão

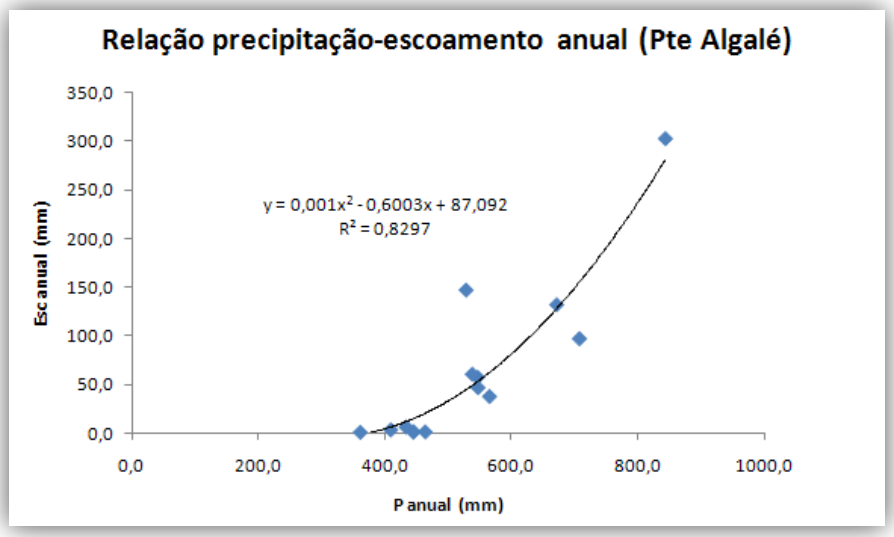


Figura 4.16: Relação precipitação-escoamento anual para a estação de Ponte Algalé

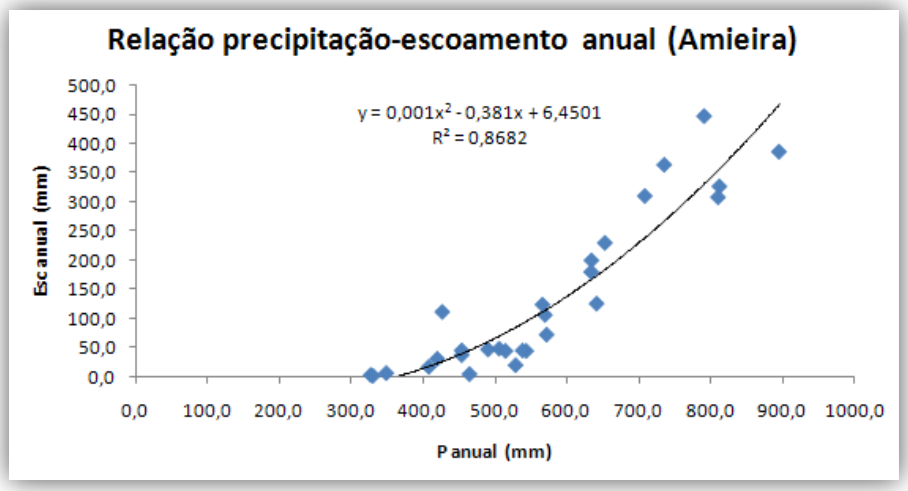


Figura 4.17: Relação precipitação-escoamento anual para a estação de Amieira

Das relações precipitação-escoamento obtidas, para cada estação hidrométrica, é possível verificar a boa aproximação por linhas de tendência polinomiais de grau 2 (com coeficientes de determinação superiores a 0,8), no caso de Ponte Algalé e de Amieira. Sendo necessária a saturação do solo para que haja geração de escoamento, facto comprovado pelos reduzidos valores de escoamento para níveis de precipitação abaixo dos 500 mm, poderá considerar-se que esse tipo de curvas permitirá uma melhor representação da realidade. Por outro lado, para a estação de Monte Pisão, a melhor aproximação corresponde ao modelo linear, com um coeficiente de determinação elevado (R^2=0.87). Todavia, esse resultado poderá ser fruto, mais uma vez, da reduzida amostra de dados disponíveis para cada estação.

4.2.3 Volumes armazenados em albufeiras

Tal como identificado no Capítulo 3 (ponto 3.4.2) as principais origens de água superficiais existentes na zona de estudo (identificadas na Figura 3.32) são as albufeiras de:

- Caia
- Lucefecit
- Vigia
- Monte Novo
- Alqueva

As albufeiras do Caia, Vigia e Alqueva são de fins múltiplos, enquanto a albufeira de Lucefecit é dedicada exclusivamente à rega e a albufeira de Monte Novo tem como finalidade apenas o abastecimento urbano (Tabela 4.29).

Tabela 4.29: Características das albufeiras e das bacias drenantes (CNPGB, 2008)

Características	Caia	Lucefecit	Vigia	Monte Novo	Alqueva
Localização	Elvas	Alandroal	Redondo	Évora	Moura
Unidade de Avaliação e Gestão	UAG 1	UAG 2	UAG 3	UAG 3	UAG 3
Ano conclusão projecto	1967	1982	1981	1982	2002
Área bacia hidrográfica (km^2)	571	257	125	267	55289*
Precipitação média anual (mm)	648	665	656	635	593
Capacidade total (hm^3)	203,00	10,23	16,73	15.28	4150,00
Volume mínimo (hm^3)	10,70	1,23	1,15	0,50	1000,00
Utilizações associadas	A.Urbano e Rega	Rega	A.Urbano e Rega	A.Urbano	A.Urbano, Rega, Produção de energia

* Partes portuguesa + espanhola

4.2.3.1 Albufeira do Caia

Sendo uma das principais albufeiras da região, a avaliação dos volumes armazenados na albufeira do Caia constituirá, naturalmente, um dos indicadores de avaliação, da UAG 1. Para tal, deverá ser considerada a avaliação dos volumes armazenados ao final do mês, segundo os dados de monitorização da estação hidrométrica Caia (20O/01A), disponibilizados no Anexo 6 (SNIRH, 2010). Na Figura 4.18 é representada a respectiva série histórica, bem como a precipitação anual verificada na UAG 1 no mesmo período de avaliação.

Admitindo-se, nesta fase, que os consumos associados à albufeira se mantiveram sem variações especialmente relevantes durante o período de análise (1966/67 a 2009/10), foi efectuada uma comparação entre os dados de volumes armazenados e os dados de precipitação anual verificados na UAG 1. Importa notar que, apesar de existirem falhas pontuais, é possível avaliar a série de volumes armazenados sem especiais restrições.

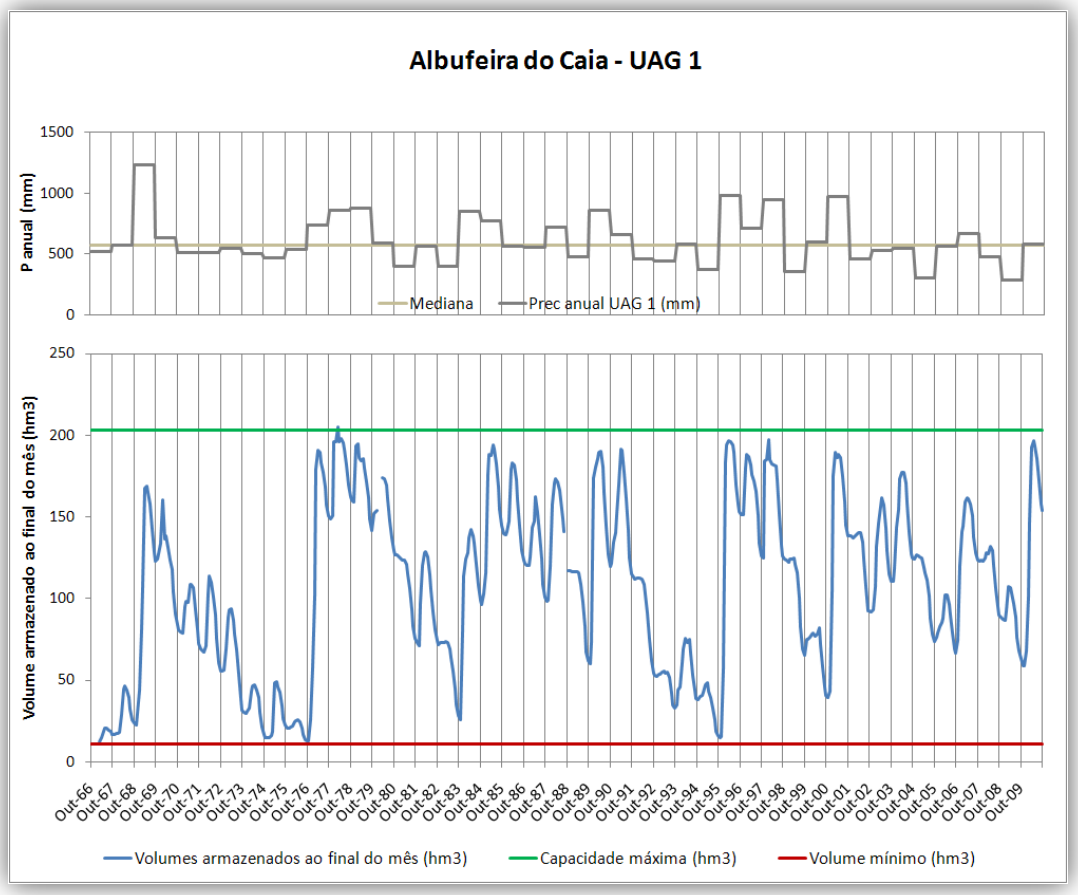


Figura 4.18: Série de volumes armazenados na albufeira do Caia e precipitação anual verificada na UAG 1 (SNIRH, 2010)

Pela análise dos volumes armazenados ao final do mês desde o início de exploração do empreendimento de fins múltiplos do Caia (ano hidrológico de 1966/67), pôde verificar-se que, à excepção do período inicial de enchimento, a albufeira do Caia apenas teve 4 situações pontuais em que o volume armazenado foi inferior a 10% da sua capacidade útil (cerca de 19 hm^3). A primeira teve lugar no início do ano hidrológico de 1974/75, após uma sequência de anos com

precipitação inferior à mediana, o que conduziu a uma progressiva diminuição dos volumes armazenados. A segunda ocorreu no final do ano 1975/76, por se verificar que a albufeira não chegou a recuperar, fruto de mais dois anos hidrológicos abaixo da mediana de precipitação anual. Posteriormente, verificou-se uma nova situação de volumes reduzidos no final do ano hidrológico de 1982/83, uma vez mais após 4 anos hidrológicos com precipitação igual ou inferior à mediana, o que conduziu a um decréscimo dos volumes armazenados. Por último, no final de 1994/95, a albufeira atinge novamente um volume muito próximo do mínimo, resultado de mais um período (1991/92 a 1994/95) de precipitação anual igual ou inferior à mediana.

Além disso, é possível comprovar a existência de uma redução significativa dos volumes armazenados na albufeira no final dos anos de seca (1980/81, 1982/83, 1991/92, 1992/93, 1994/95, 1998/99, 2004/05).

No caso específico de 2008/09, referido como fonte de dúvida no que toca aos dados de precipitação, verifica-se que, não obstante o ligeiro aumento dos volumes armazenados verificado nos meses de Inverno, a nível anual existe uma redução ligeira dos volumes armazenados na albufeira do Caia, que não conduziu, todavia, ao esgotamento da albufeira. Refira-se, porém, que o ano de 2004/05, ano de precipitação anual mais reduzida do período de análise, na UAG 1, conduziu a uma redução similar de volumes armazenados nessa albufeira.

4.2.3.2 Albufeira do Lucefecit

A albufeira do Lucefecit constitui a principal origem de água superficial da UAG 2 e a avaliação dos volumes armazenados é assegurada pela estação Lucefecit (22M/01A) (SNIRH, 2010). À semelhança do considerado para a albufeira do Caia, na Figura 4.19 é representada a série histórica de registos de volumes armazenados na albufeira do Lucefecit (disponível no Anexo 6), bem como a precipitação anual verificada na UAG 2, no mesmo período de avaliação.

Como se pode comprovar pela Figura 4.19, existe uma falha de registos significativa entre o ano de 1983/84 e 1989/90, impossibilitando a avaliação dos volumes armazenados nesse período. Não obstante, de 1990/91 até à actualidade verifica-se que, praticamente todos os anos, a albufeira do Lucefecit fica com menos de metade da sua capacidade útil no final do ano hidrológico. Além disso, é, também, possível verificar que a mesma albufeira enche em quase todos os anos hidrológicos (à excepção dos anos 1994/95, 1998/99 e 2004/05, identificados anteriormente como importantes situações de seca). Tal poderá ser indicativo da capacidade limitada da albufeira do Lucefecit, quer face às utilizações que lhe estão alocadas (exclusivamente para rega), quer face às afluências verificadas, sendo muito diferente da situação avaliada em relação à albufeira do Caia (ponto anterior) cuja capacidade é cerca de 20 vezes superior (203 hm^3).

Ainda assim, apesar do período limitado de avaliação (1990/91 a 2009/10) é possível comprovar o esgotamento da albufeira nos anos mais secos, nomeadamente em: 1991/92, 1992/93, 1994/95, 1998/99 e 2004/05.

Por fim, importa destacar que, apesar do valor reduzido de precipitação registado para o ano de 2008/09, na UAG 2, o mesmo não se reflecte nos volumes armazenados na albufeira do Lucefecit, tendo-se assistido, inclusive, ao enchimento da albufeira nos meses de Inverno.

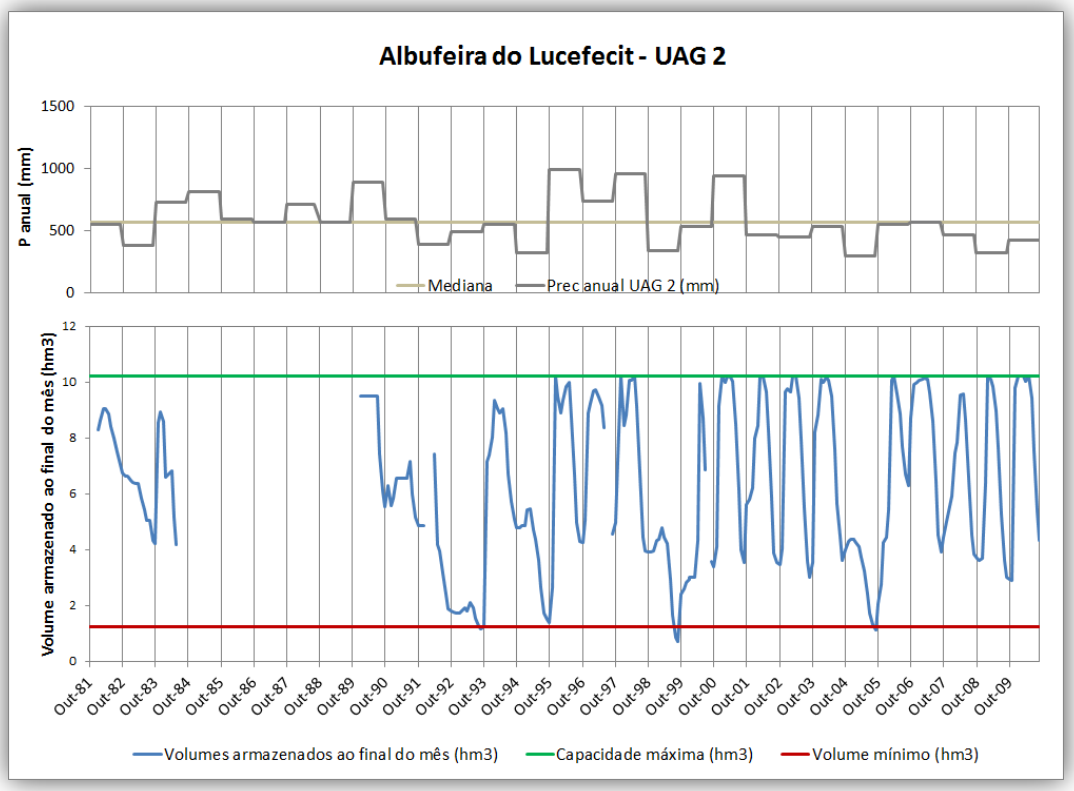


Figura 4.19: Série de volumes armazenados na albufeira do Lucefecit e precipitação anual verificada na UAG 2 (SNIRH, 2010)

4.2.3.3 Albufeira da Vigia

A estação de monitorização instalada na albufeira da Vigia (22L/01A) apresenta falhas importantes no seu histórico de registos (SNIRH, 2010). Ainda assim, a série de volumes armazenados (disponível no Anexo 6) é apresentada na Figura 4.20.

Para a albufeira da Vigia, apenas é possível avaliar, em contínuo, os volumes armazenados no período de 1989/90 até 2009/10, ainda que com algumas falhas pontuais. Ainda assim, verifica-se que os anos hidrológicos com volumes armazenados mais reduzidos correspondem, globalmente, aos anos de precipitação abaixo da mediana na UAG 3. As situações mais significativas (em que os volumes armazenados atingiram cerca de 10 a 15% da capacidade útil da albufeira) foram: 1992/93, 1994/95, 1998/99, 2004/05, 2005/06 e 2008/09.

Correspondendo, de forma geral, às situações de seca mais significativas desse período, destaca-se, no entanto, o ano de 2005/06, que, sendo mais chuvoso que 2004/05, foi também um ano com precipitação abaixo da mediana anual na UAG 3, não tendo permitido uma recuperação dos volumes armazenados. Por outro lado, verifica-se que o ano de 2008/09, não obstante algum enchimento da albufeira nos meses de Inverno, termina com um volume armazenado bastante reduzido (equivalente ao verificado em 1998/99). Relembrando a dúvida em relação aos valores de precipitação verificados para este ano, os volumes armazenados nesta albufeira parecem, efectivamente, indicar tratar-se de uma situação de seca. Não obstante,

esta albufeira sofre uma afectação significativa dos volumes armazenados no período de 2004/05 a 2008/09, fruto de uma sequência de 4 anos consecutivos abaixo da mediana.

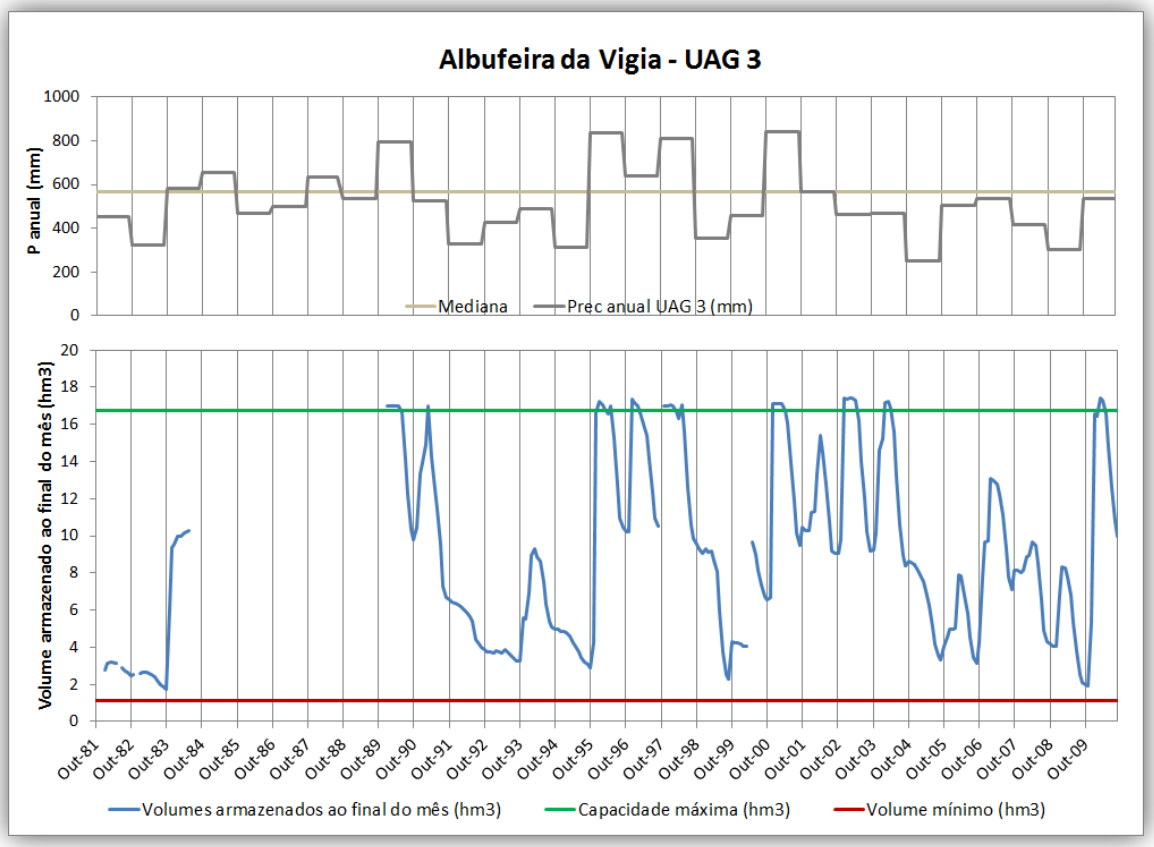


Figura 4.20: Série de volumes armazenados na albufeira da Vigia e precipitação anual verificada na UAG 3 (SNIRH, 2010)

4.2.3.4 Albufeira de Monte Novo

A estação de monitorização da albufeira de Monte Novo (22K/01A) encontra-se em funcionamento desde 1989, não possuindo qualquer falha de registos (SNIRH, 2010). Os dados de volumes armazenados são representados na Figura 4.21 (disponíveis no Anexo 6).

Tal como é possível verificar pela Figura 4.21, a albufeira de Monte Novo não apresentou problemas significativos no seu período de exploração, mantendo-se exclusivamente para utilização do sector do abastecimento urbano. O valor mais baixo de volume armazenado, com cerca de 20% da capacidade útil ainda disponível, foi verificado no final do ano hidrológico de 1992/93. Não obstante, verifica-se uma redução significativa dos volumes armazenados em albufeira nos anos hidrológicos de 1991/92, 1992/93, 1994/95, 1998/99, 2004/05 e 2007/08, nos quais se verificou uma acentuada redução da precipitação anual face à mediana. No caso do ano de 2008/09, por outro lado, verifica-se uma importante recuperação dos volumes armazenados em albufeira nos meses de Inverno, apesar de se verificar uma redução dos volumes armazenados no final do ano hidrológico.

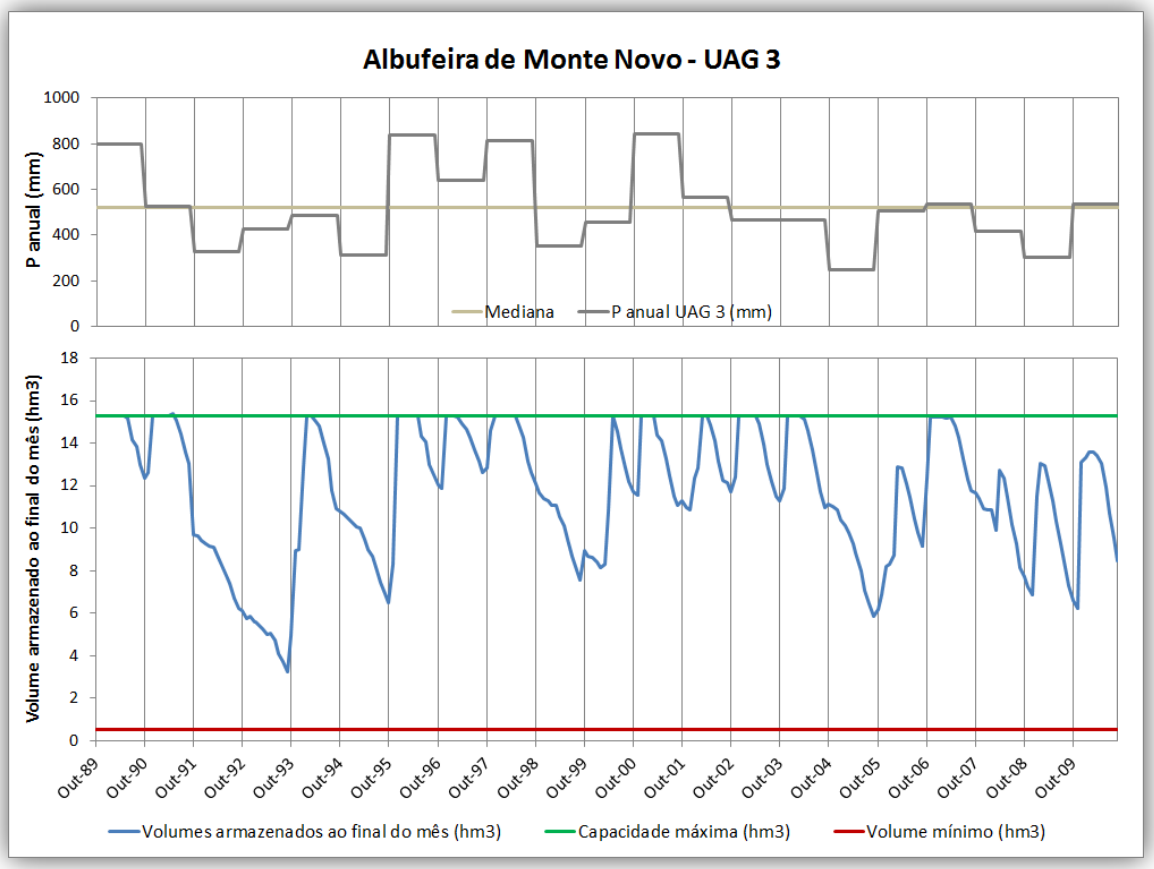


Figura 4.21: Volumes armazenados na albufeira de Monte Novo e precipitação anual verificada na UAG 3 (SNIRH, 2010)

4.2.3.5 Albufeira de Alqueva

Sendo a albufeira mais recente desta zona em estudo, a sua estação de monitorização (Alqueva-EDIA/EDP (24M/07A)) apenas apresenta dados desde Dezembro de 2002. Os dados de volumes armazenados correspondentes (Anexo 6) são representados na Figura 4.22.

Do período de dados disponível é possível verificar que o mesmo correspondeu ao primeiro enchimento da albufeira, sendo de destacar a importância dos volumes em causa (mais de 4100 hm^3). Não obstante, apesar de se ter verificado uma redução, com alguma importância, dos volumes armazenados na albufeira de Alqueva, entre Maio de 2004 e Setembro de 2006, não houve qualquer problema relacionado com a ocorrência de situações de seca, tendo a albufeira ficado sempre acima dos 50% de capacidade útil (à excepção da fase inicial de enchimento).

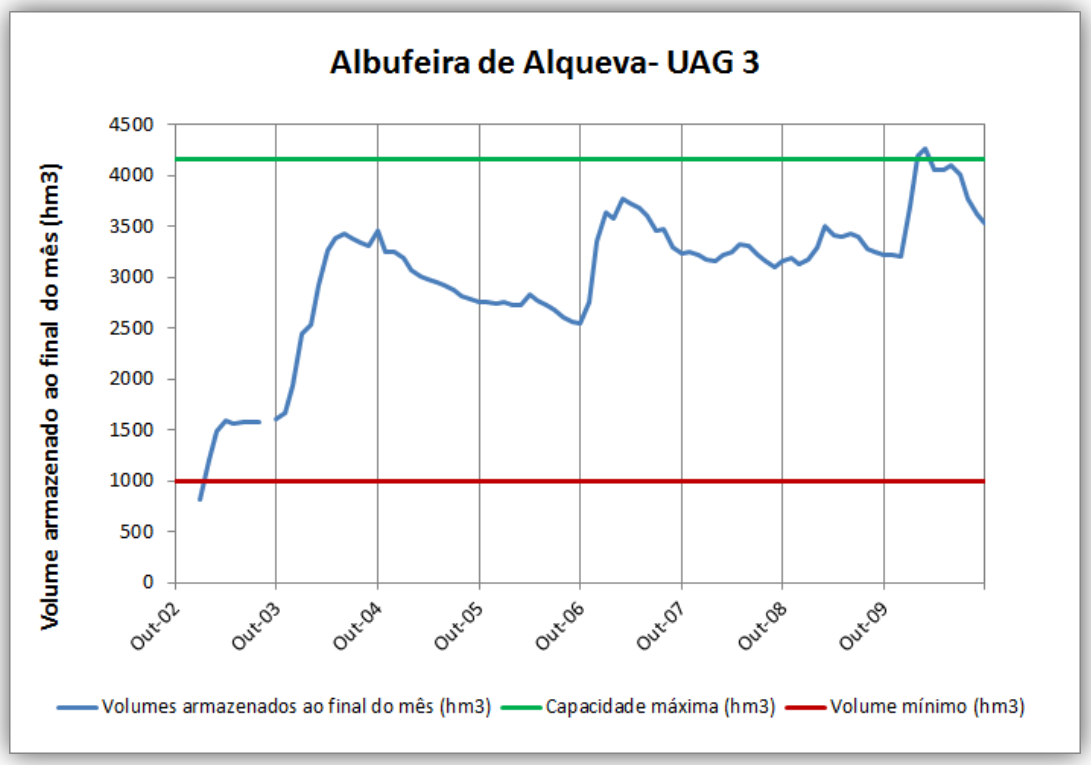


Figura 4.22: Série de volumes armazenados na albufeira de Alqueva (SNIRH, 2010)

Por outro lado, no que toca à albufeira de Alqueva, a afectação dos volumes armazenados por redução das afluências poderá dever-se a dois factores principais: (i) a ocorrência de precipitação abaixo do normal na parte portuguesa da bacia do Guadiana (a montante de Alqueva) e (ii) a redução das afluências Espanholas.

No que toca à afectação das condições de precipitação na parte portuguesa, verifica-se, pela análise das séries de precipitação das UAG 1, 2 e 3 (ver Tabela 4.18), que se assiste à ocorrência de precipitações anuais abaixo da mediana em todo o período analisado (de 2002/03 a 2009/10), à excepção, nas UAG 1 e 3, do ano de 2006/07 e, também, do ano 2009/10.

No que diz respeito às afluências espanholas, foi efectuada uma avaliação do escoamento verificado na estação *Azud de Badajoz* (SAIH, 2010). Os dados de escoamento mensal referentes a esta estação encontram-se sistematizados no Anexo 7, referentes à estação de *Azud de Badajoz* da rede SIA, de Dezembro de 1995 a Setembro de 2007 e, da mesma estação, mas integrante da rede automática (SAIH), de Outubro de 2007 até à actualidade. A localização da estação em causa surge representada na Figura 4.23, enquanto os dados de escoamento anual se representam na Figura 4.24.

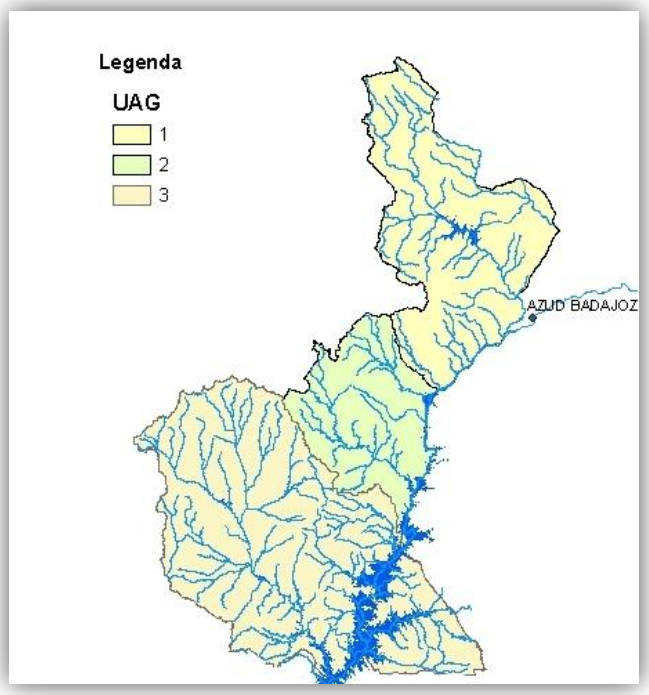


Figura 4.23: Localização espacial da estação *Azud de Badajoz* (SAIH, 2010)

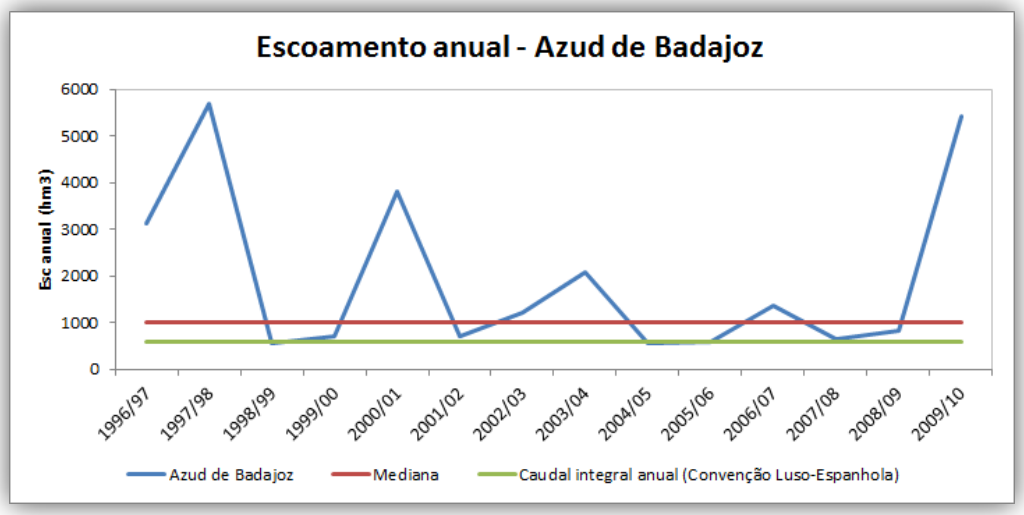


Figura 4.24: Série de escoamento anual da estação *Azud de Badajoz* (SAIH, 2010)

Pela Figura 4.24, é possível verificar a ocorrência de escoamentos anuais abaixo da mediana, com influência nos volumes armazenados em Alqueva, nos anos hidrológicos de 2004/05, 2005/06, 2007/08 e 2008/09. Ainda assim, os escoamentos nesses anos são superiores ou da mesma ordem do valor (máximo - 600 hm^3) de caudal integral anual mínimo a garantir na secção de *Azud de Badajoz* (ver ponto 3.3.3 - Tabela 3.5).

Tendo presentes estes elementos (precipitação na parte portuguesa e afluências espanholas) torna-se possível concluir que, nos anos hidrológicos 2004/05 e 2005/06, ocorreu

uma significativa redução de afluências à albufeira de Alqueva, o que contribuiu para a redução dos volumes armazenados em igual período.

Porém, segundo EDIA (2010), desde a fase de encerramento das comportas de Alqueva (Janeiro de 2003) até à actualidade, verificou-se apenas o início gradual de algumas das utilizações que, tal como descrito no ponto 3.3.5, se prevê que fiquem dependentes da albufeira de Alqueva, com o pleno funcionamento do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva. De facto, segundo EDIA (2010): (i) a produção de energia eléctrica na central de Alqueva teve início (ensaios) no ano de 2004, (ii) em 2006 entrou em funcionamento o perímetro de rega da Luz (com captação directa na albufeira de Alqueva), (iii) em 2007 entrou em funcionamento, com as consequentes transferências de água, o sistema adutor Álamos-Loureiro, (iv) 2007 foi, também, o ano de entrada em exploração do empreendimento de Pedrógão (a jusante), possibilitando o bombeamento para montante (albufeira de Alqueva) dos volumes turbinados e/ou descarregados por Alqueva e (v) em 2009 teve início o processo de transferência de água para a albufeira de Monte Novo, a distribuição de água ao perímetro de rega de São Manços e ainda a transferência de água para a albufeira do Alvito. De acordo com este planeamento, não se verificaram especiais utilizações dependentes de Alqueva até ao ano de 2008/09, pelo que ainda não é possível efectuar uma avaliação mais aprofundada dos reais efeitos de seca nesta albufeira.

4.2.4 Níveis piezométricos

No ponto 3.4.2 os recursos de água subterrânea são apontados como importantes origens de água da região em estudo. Como tal, o armazenamento de água subterrânea deverá ser devidamente monitorizado, nomeadamente através da avaliação de níveis piezométricos. Tal como referido anteriormente, apesar de as captações na zona indiferenciada do Maciço Antigo assumirem alguma importância na região em estudo, as principais origens de água subterrânea monitorizadas são os sistemas aquíferos: Elvas-Campo Maior, Elvas-Vila Boim e Estremoz-Cano.

4.2.4.1 Sistema aquífero Elvas-Campo Maior

No aquífero Elvas-Campo Maior (Figura 4.25), localizado na UAG 1[97], existem 6 piezómetros de monitorização da rede de águas subterrâneas do SNIRH. No entanto, os parcos dados disponíveis levaram a que apenas fossem considerados os piezómetros 387/4, 400/7 e 414/70, que apresentam mais de 24 registos mensais (considerado representativo, equivalente a dois anos de registos, em contínuo) no período de Outubro de 1998 até à actualidade (SNIRH, 2010), sendo a sua localização devidamente salientada na Figura 4.25.

[97] Ver ponto 3.4.2 – Figura 3.32.

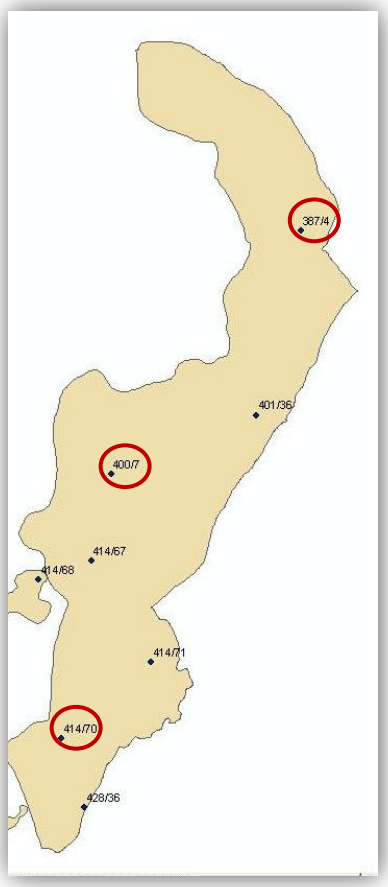


Figura 4.25: Localização dos piezómetros existentes no aquífero Elvas-Campo Maior e dos piezómetros considerados para avaliação (387/4, 400/7 e 414/70) (SNIRH, 2010)

Os dados mensais correspondentes (Anexo 8) são representados nas Figuras 4.26 a 4.28. Pela análise das mesmas é possível verificar o elevado nível de falhas existente no período avaliado. Não obstante, é possível comprovar, nos piezómetros avaliados, e para o período em questão, uma razoável estabilidade dos níveis piezométricos. Além disso, a profundidade do nível de água, relativamente à superfície do terreno, foi sempre inferior a 25 metros, reflectindo as condições de fácil acessibilidade à água subterrânea neste sistema aquífero.

Importa realçar, no entanto, que o piezómetro 387/4 não apresenta qualquer registo para os anos hidrológicos 2007/08, 2008/09 e 2009/10 e que, os outros piezómetros, apenas apresentam um registo, em Dezembro de 2009, no caso do piezómetro 400/7, e outro em Janeiro de 2010, no caso do piezómetro 414/70. Sendo fulcrais para a avaliação do estado dos sistemas aquíferos, não existe, todavia, um registo contínuo e sistemático de níveis piezométricos, o que dificulta o acompanhamento e a gestão deste tipo de massas de água.

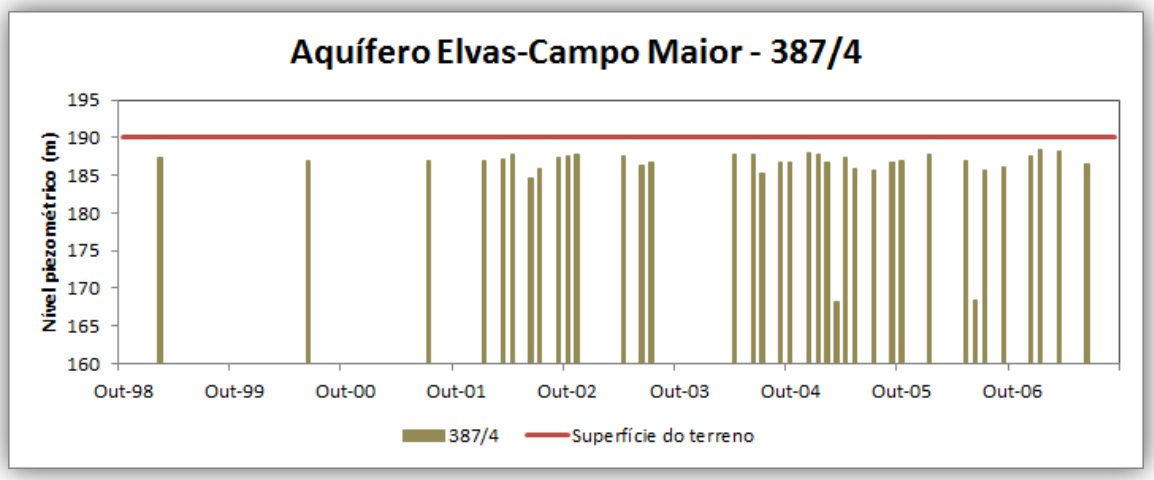


Figura 4.26: Registos mensais do piezómetro 387/4, aquífero Elvas-Campo Maior (SNIRH, 2010)

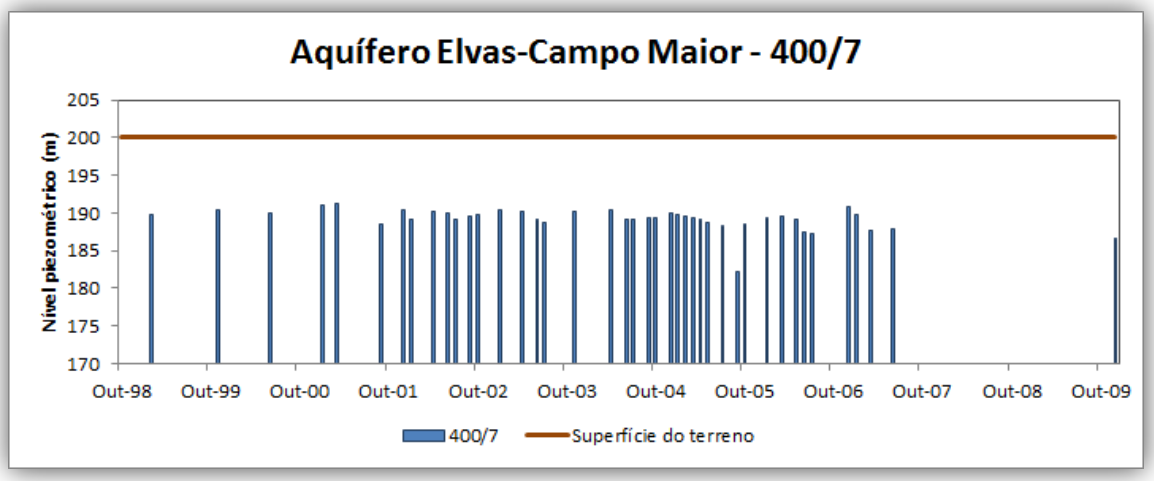


Figura 4.27: Registos mensais do piezómetro 400/7, aquífero Elvas-Campo Maior (SNIRH, 2010)

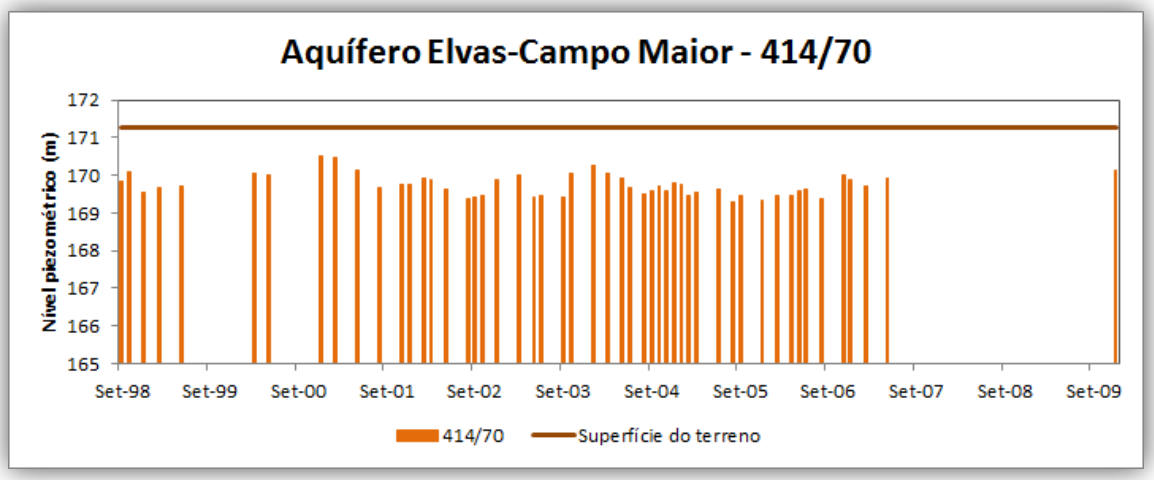


Figura 4.28: Registos mensais do piezómetro 414/70, aquífero Elvas-Campo Maior (SNIRH, 2010)

Por fim, considerando os anos hidrológicos de 1998/99 e 2004/05, correspondentes às duas principais situações de seca, das identificadas anteriormente, que são abrangidas pelo período de registos de níveis piezométricos, verifica-se que: (i) a avaliação não é possível no primeiro caso (1998/99), pela falta de dados, (ii) no segundo (2004/05), é possível comprovar uma significativa afectação dos níveis piezométricos. De facto, no ano 2004/05, no piezómetro 387/4, verifica-se uma variação máxima de níveis piezométricos, entre meses sucessivos (entre Fevereiro e Março de 2005), de mais de 20 m de profundidade, tendo, todavia, recuperado totalmente no mês seguinte. Por outro lado, confirma-se, uma afectação menos acentuada, mas ainda assim significativa, no piezómetro 400/7, com a profundidade do nível de água a atingir 15 m de profundidade em Setembro de 2005, tendo também recuperado totalmente no mês seguinte. No entanto, a variação da profundidade do nível de água é quase imperceptível no piezómetro 414/70. Assim, a reduzida afectação dos níveis piezométricos verificada nos 3 piezómetros analisados, bem como a total recuperação dos mesmos, nos meses seguintes à verificação das maiores variações de profundidade (piezómetros 387/4 e 400/7), poderá ser devida a uma reduzida utilização da água armazenada neste sistema aquífero.

4.2.4.2 Sistema aquífero Elvas-Vila Boim

No aquífero Elvas-Vila Boim, igualmente localizado na UAG 1[98], existem 9 piezómetros com registos de níveis piezométricos (SNIRH, 2010). No entanto, apenas 5 desses piezómetros apresentam mais de 24 registos mensais (seguindo o mesmo critério adoptado para o sistema aquífero de Elvas-Campo Maior) no período de Outubro de 1997 até à actualidade. De acordo com a Figura 4.29, quatro desses cinco piezómetros estão situados no sector Oeste (399/12, 413/54, 413/78, 413/123) e apenas um no sector Este (414/45).

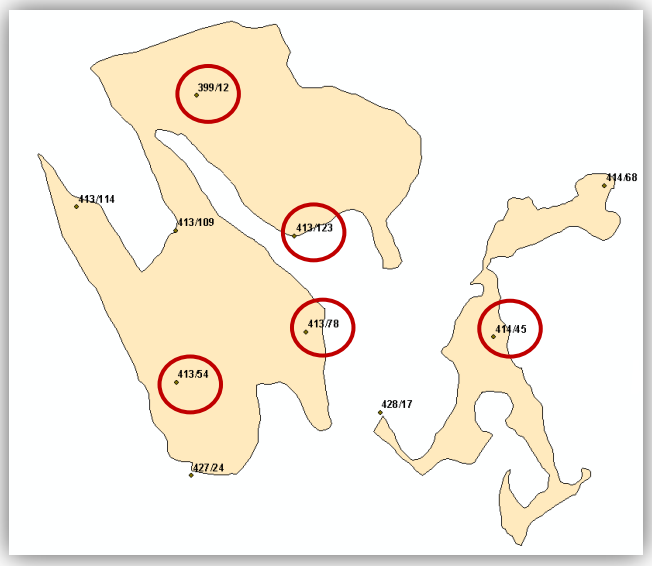


Figura 4.29: Representação dos piezómetros existentes no aquífero Elvas-Vila Boim e dos considerados para avaliação (399/12, 413/54, 413/78, 413/123 e 414/45) (SNIRH, 2010)

[98] Ver ponto 3.4.2 – Figura 3.32.

Os dados mensais correspondentes (disponíveis no Anexo 8) são representados nas Figuras 4.30 a 4.34. Tal como no sistema aquífero Elvas-Campo Maior, no presente caso as séries de níveis piezométricos também apresentam inúmeras falhas no período em questão, dificultando uma análise mais detalhada destes indicadores. Ainda assim, no que toca às principais situações de seca, verifica-se alguma diminuição dos níveis piezométricos, nos anos de 1998/99 e de 2004/05, correspondendo a variações relativamente idênticas, nos dois anos hidrológicos (de 2 a 5 metros), em todos os piezómetros analisados. Não obstante, é possível concluir a relativa estabilidade dos valores dos mesmos, tendo-se verificado uma recuperação em praticamente todos os anos do período de análise, embora mais lenta (vários meses) do que o verificado no sistema aquífero Elvas-Campo Maior. Além disso, as profundidades do nível de água mantêm-se, durante o período de análise, em valores inferiores a 20 metros.

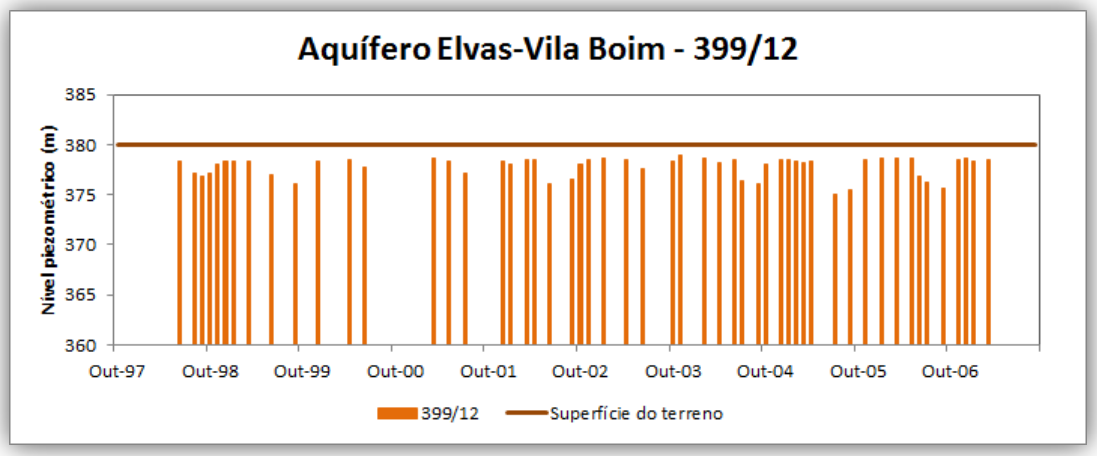


Figura 4.30: Registos do piezómetro 399/12, aquífero Elvas-Vila Boim (SNIRH, 2010)

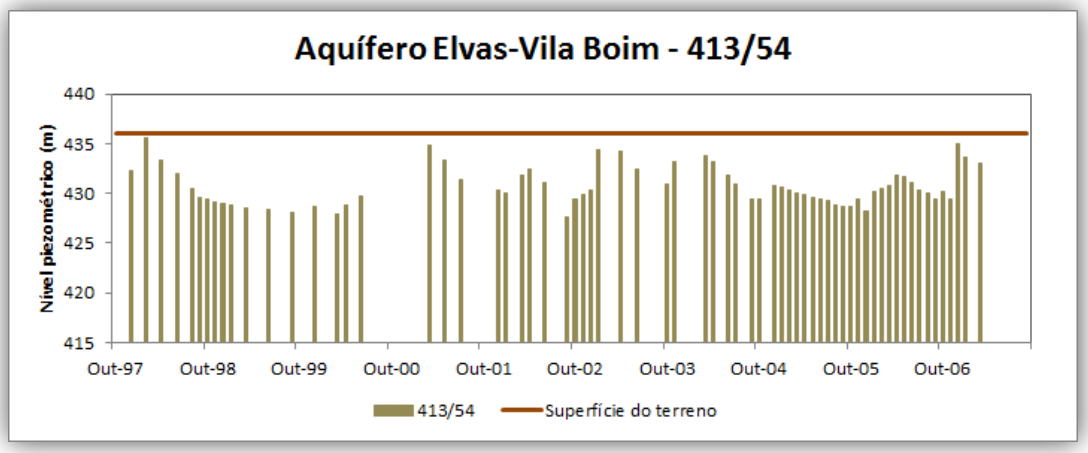


Figura 4.31: Registos do piezómetro 413/54, aquífero Elvas-Vila Boim (SNIRH, 2010)

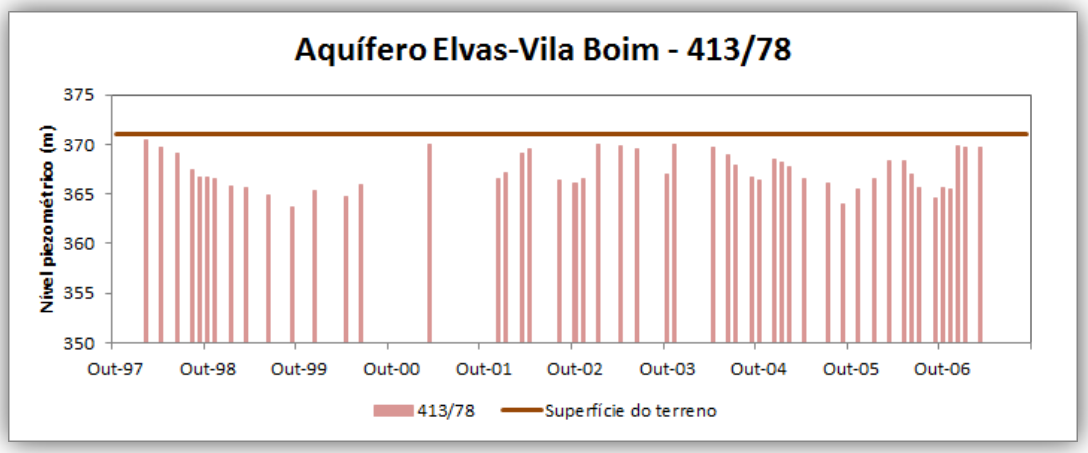


Figura 4.32: Registos do piezómetro 413/78, aquífero Elvas-Vila Boim (SNIRH, 2010)

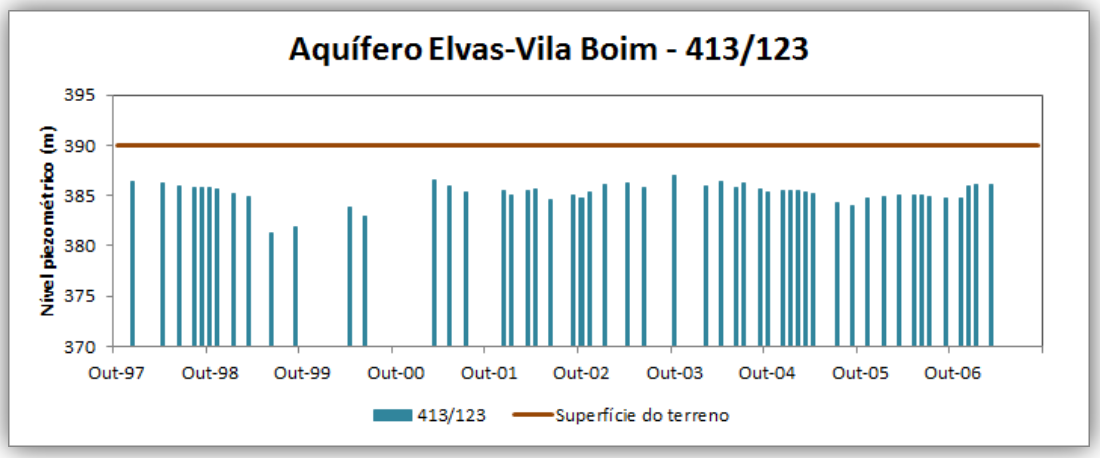


Figura 4.33: Registos do piezómetro 413/123, aquífero Elvas-Vila Boim (SNIRH, 2010)

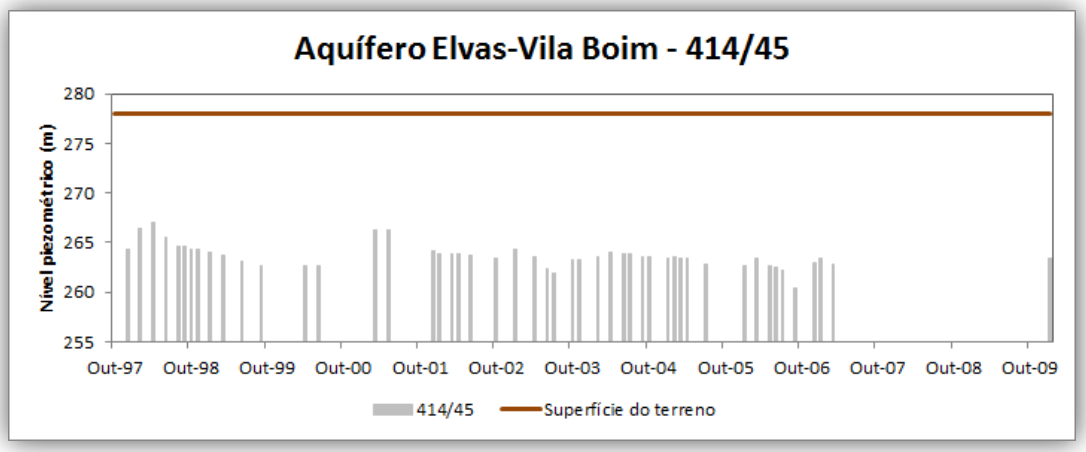


Figura 4.34: Registos do piezómetro 414/45, aquífero Elvas-Vila Boim (SNIRH, 2010)

No caso do aquífero Elvas-Vila Boim verifica-se, também, que os piezómetros considerados não apresentam valores nos 3 últimos anos hidrológicos: 2007/08, 2008/09, 2009/10, à excepção do piezómetro 414/45, com um registo único no mês de Janeiro de 2010.

4.2.4.3 Sistema aquífero Estremoz-Cano

O aquífero Estremoz-Cano, localizado parcialmente na UAG 2[99], encontra-se subdividido segundo duas importantes bacias hidrográficas, a do rio Tejo, a Noroeste, e a do rio Guadiana, a Sudeste (Figura 4.35).

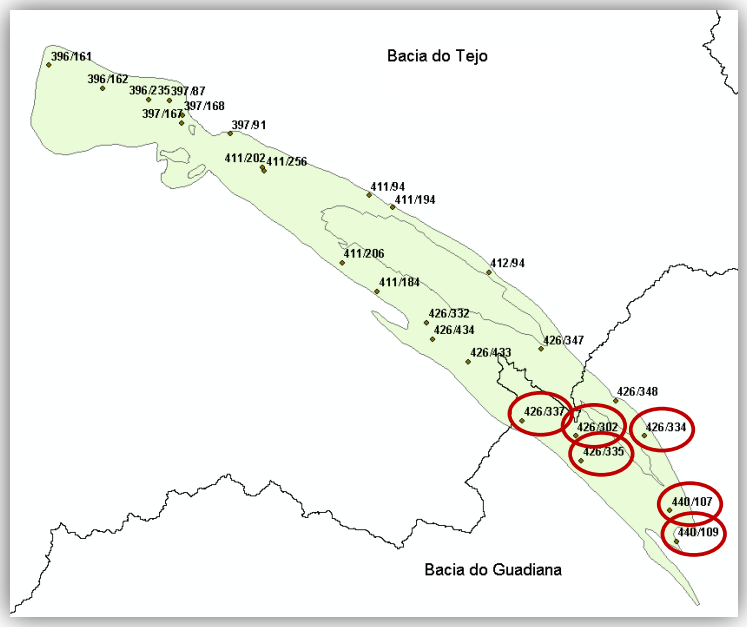


Figura 4.35: Divisão do aquífero Estremoz-Cano segundo as bacias hidrográficas do Tejo e do Guadiana e representação dos piezómetros existentes e considerados para avaliação na bacia do Guadiana (426/302, 426/334, 426/335, 426/337, 440/107 e 440/109) (SNIRH, 2010)

Não obstante, em ERHSA (2000) e Midões & Costa (2010), é feita referência a direcções preferenciais opostas de fluxo, nomeadamente devido à existência de barreiras impermeáveis com a orientação Nordeste-Sudoeste, ou seja perpendiculares ao desenvolvimento do aquífero. A divisão dos fluxos de água subterrânea coincide, aproximadamente, com a divisão das duas bacias hidrográficas, pelo que, se procedeu somente ao estudo da zona que se situa dentro da bacia hidrográfica do Guadiana[100].

Assim, para análise dos níveis piezómetricos, na zona do Guadiana, do aquífero Estremoz-Cano, existem 7 piezómetros com registos, representados na Figura 4.35. Contudo, o piezómetro, 426/348 foi excluído por possuir poucos registos, tendo sido considerados os piezómetros 426/302, 426/334, 426/335, 426/337, 440/107 e 440/109 (SNIRH, 2010). Os dados mensais correspondentes, disponíveis no Anexo 8, são representados nas Figuras 4.36 a 4.41.

[99] Ver ponto 3.4.2 – Figura 3.32.

[100] Esta opção será devidamente detalhada no ponto 4.5.2.

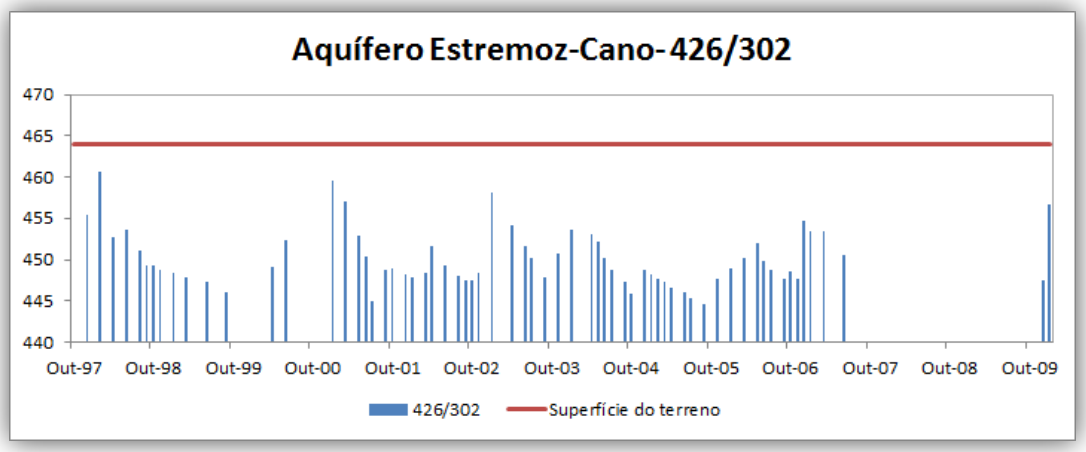


Figura 4.36: Registos do piezómetro 426/302, aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010)

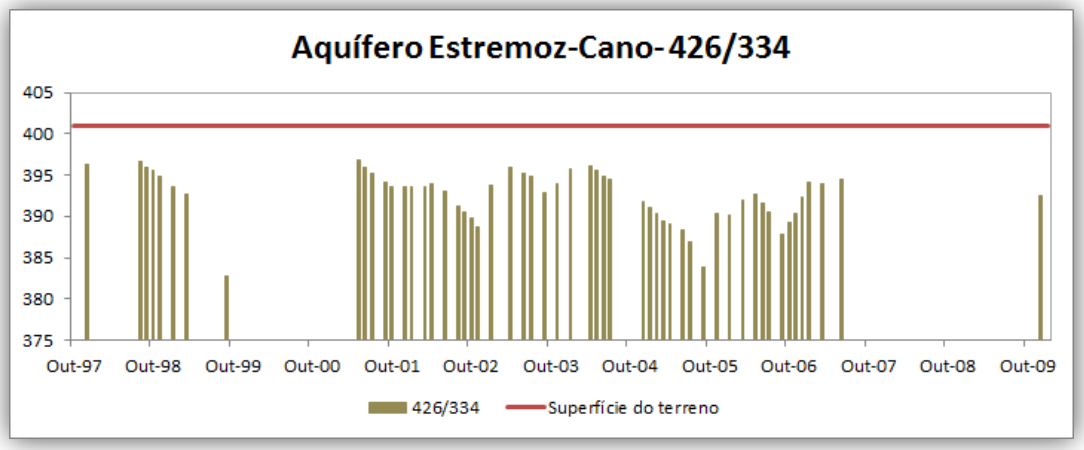


Figura 4.37: Registos do piezómetro 426/334, aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010)

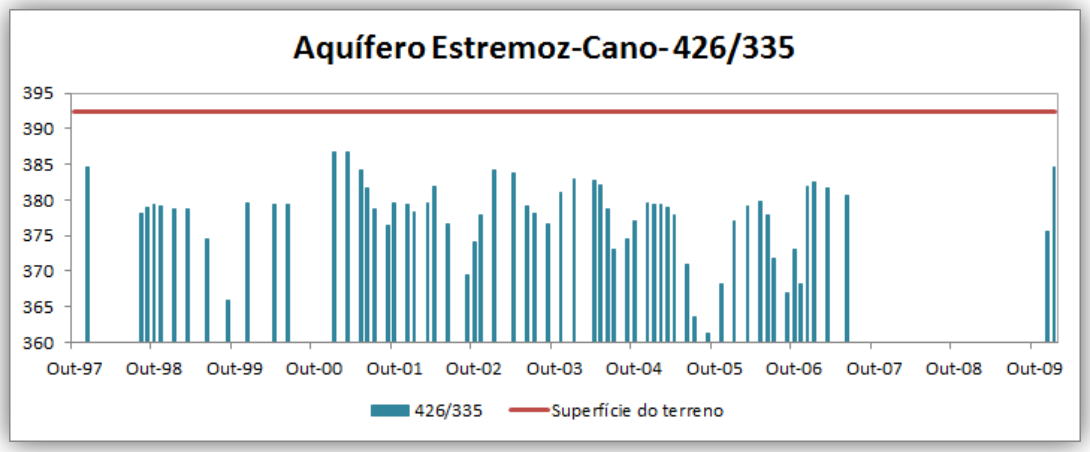


Figura 4.38: Registos do piezómetro 426/335, aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010)

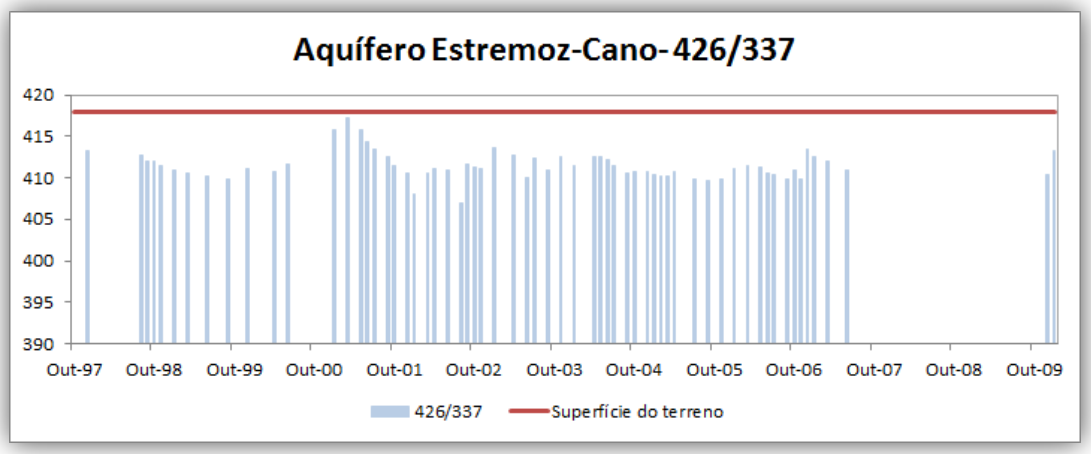


Figura 4.39: Registos do piezómetro 426/337, aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010)

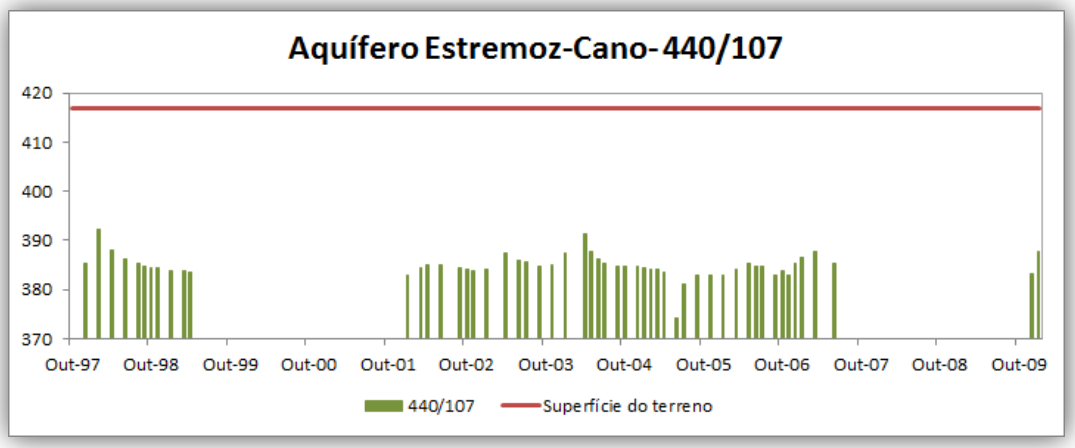


Figura 4.40: Registos do piezómetro 440/107, aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010)

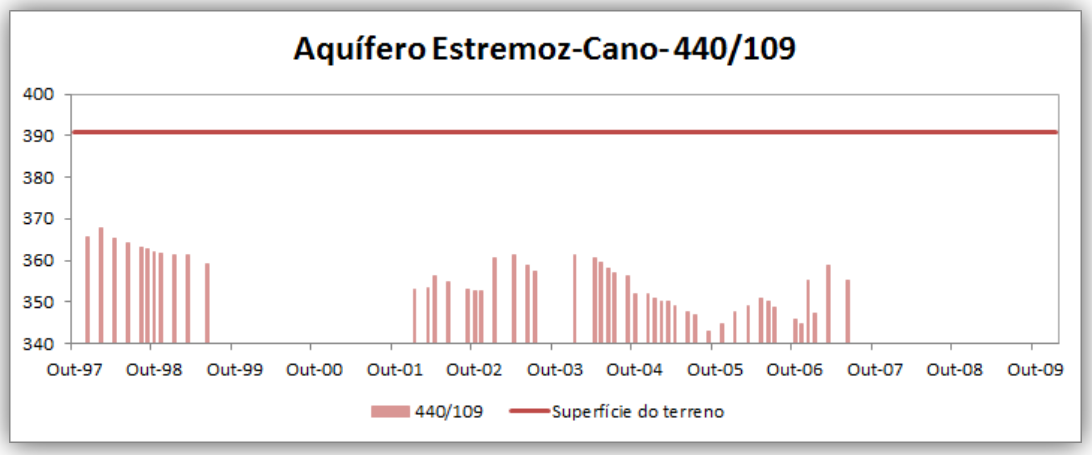


Figura 4.41: Registos do piezómetro 440/109, aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010)

Em relação às situações de seca, verifica-se, no final dos anos hidrológicos de 1998/99 e, também, de 2004/05, uma redução mais significativa do nível nos piezómetros 426/334 e 426/335, atingindo, em ambos os casos, os valores mais reduzidos das respectivas séries em análise, com o nível da água a atingir profundidades na ordem dos 25 – 30 metros. Além disso, nos piezómetros 440/107 e 440/109, houve uma redução especialmente significativa dos níveis piezométricos no ano de 2004/05, verificando-se profundidades acima dos 40 m.

Procurando analisar o eventual impacto deste nível de profundidades, face às utilizações associadas a este sistema aquífero (abastecimento urbano e agricultura) refira-se que, em Midões & Costa (2010), é salientado que as captações para abastecimento urbano neste sistema aquífero são, de uma forma geral, antigas e pouco profundas, revelando-se especialmente vulneráveis a descidas de níveis piezométricos devido a situações de seca prolongadas. Além disso, apesar de ter por base informação de 1974, Almeida *et al* (2000c) indica que a maioria das captações para abastecimento urbano na zona SE (área da bacia do Guadiana) apresenta profundidades na ordem dos 20 a 40 m. Assim, face aos níveis de profundidade do nível de água, ocorridos durante a seca de 2004/05 (correspondentes aos valores mais reduzidos das séries de registo dos piezómetros analisados), poderão ter ocorrido problemas significativos, em especial no sector do abastecimento urbano. Pela sua importância, este ponto será analisado detalhadamente nos pontos 4.3.3 (de avaliação do sector do abastecimento urbano), 4.5.2 (de modelação do sistema aquífero) e nos pontos 5.1 e 5.2 (de avaliação e discussão de resultados).

Por fim, refira-se que, neste sistema aquífero, tal como nos anteriores, se verificou sempre uma recuperação dos níveis piezométricos após serem atingidos os valores mínimos de níveis piezométricos. Porém, neste sistema aquífero a recuperação é relativamente mais lenta, podendo demorar mais de um ano.

Por outro lado, refira-se que existe, também para este sistema aquífero, uma grande deficiência na monitorização dos níveis piezométricos dos últimos 3 anos hidrológicos. Este facto acaba por condicionar a avaliação do estado do sistema aquífero para esses anos e, caso esta situação se mantenha para futuro, poderá mesmo inviabilizar o acompanhamento dos mesmos e dificultar a gestão destas massas de água subterrânea.

4.2.5 Considerações finais

Nos pontos anteriores é possível verificar uma correspondência entre os anos apontados como principais situações de seca (em especial os anos de 1991/92, 1992/93, 1994/95, 1998/99 e 2004/05) e os valores mais reduzidos verificados em cada indicador.

No entanto, em relação ao ano de 2008/09, não é possível confirmar ou aferir, pela avaliação das demais variáveis instrumentais, representativas das disponibilidades em diferentes tipos de origem de água, o potencial erro de medição nos dados de precipitação referentes a esse ano. No caso das albufeiras tal deve-se à existência de outros factores (em especial as utilizações) que impossibilitam uma avaliação do efeito directo de enchimento ou esvaziamento de albufeira. No entanto, no caso do escoamento superficial, ou dos níveis piezométricos em sistemas aquíferos, tal deve-se à inexistência de dados para os três últimos anos hidrológicos do período de análise (2007/08 a 2009/10), incluindo o ano em questão.

Além disso, verifica-se uma considerável limitação nos dados de variáveis instrumentais disponíveis na região em estudo, seja pela reduzida densidade de estações de monitorização, ou pelo curto período de avaliação disponível. Essa limitação é especialmente significativa ao nível dos dados de escoamento e de níveis piezométricos, embora se verifique um elevado número de falhas na avaliação mensal de todas as variáveis instrumentais.

Uma vez que se pretende desenvolver uma metodologia de avaliação de secas, tendo por base a análise das disponibilidades existentes nas diferentes origens de água, a falta de valores em algumas das variáveis instrumentais analisadas poderá impor restrições importantes. Nesse sentido, como forma de flexibilização da análise e, também permitindo a colmatação de falhas verificadas na monitorização, foi considerada a hipótese de modelação das principais variáveis instrumentais representativas das disponibilidades em diferentes origens de água (escoamento, volumes armazenados e níveis piezométricos), atendendo à sua dependência dos valores de precipitação e procurando corresponder aos dados necessários à avaliação dos impactos de seca sobre as diferentes utilizações. O processo de modelação será devidamente detalhado e caracterizado no ponto 4.5.

Por outro lado, verifica-se que a simples avaliação de indicadores, apesar de permitir uma indicação bastante fidedigna da propagação dos efeitos de seca no ciclo hidrológico de uma dada região, não é suficiente para aferir a importância económica dos impactos verificados sobre os diferentes sectores utilizadores, justificando-se, tal como se demonstra no ponto seguinte, o desenvolvimento de uma metodologia específica para o efeito.

4.3 Avaliação socioeconómica de impactos de seca (análise de vulnerabilidades)

4.3.1 Objectivos e princípios gerais

Como foi possível verificar no Capítulo 2, nenhum dos índices de seca mais utilizados permite quantificar a dimensão socioeconómica dos impactos decorrentes de uma situação de seca, sendo, de uma forma geral, orientados para a avaliação das variações relativas das variáveis instrumentais, de acordo com o histórico de registos e sem atender directamente à importância das utilizações, ou à necessidade de satisfação das mesmas. No caso dos sistemas de indicadores múltiplos analisados, *e.g.* o *US Drought Monitor*, dos EUA, ou o sistema de indicadores de seca hidrológica espanhol, é efectuada uma conjugação de diferentes indicadores, de acordo com as características da região, de modo a fornecer uma indicação aproximada do tipo de impactos expectáveis. Porém, em nenhum desses casos é efectuada uma avaliação, ainda que estimativa, das consequências económicas da não satisfação das necessidades para os diferentes sectores utilizadores.

Tomando como base esse objectivo, e partindo dos valores das variáveis instrumentais analisadas no ponto anterior (4.2), procurou-se estabelecer uma metodologia de avaliação de situações de seca, que se descreve em seguida, de modo a quantificar, ao nível regional (das

diferentes UAG), as consequências socioeconómicas, de não satisfação das necessidades para os diferentes sectores utilizadores devido a uma situação de seca.

À semelhança de outros estudos (Ward *et al*, 2001; 2006) foi considerado que, em primeira aproximação, a afectação dos sectores da agricultura e do abastecimento urbano (ao nível doméstico) é representativa da afectação global da região. O mesmo é, também, apontado para a parte espanhola da bacia do Guadiana, na proposta de estudo dos impactos económicos de seca do correspondente plano de gestão de secas (CHG, 2007). Essa opção é justificada pela reduzida importância dos demais sectores utilizadores, na parte espanhola da região hidrográfica (incluindo os sectores do Turismo e da Indústria). O mesmo poderá ser considerado, na parte portuguesa da bacia, face à reduzida utilização da água para esses sectores[101], e aos pouco significativos impactos correspondentes, tal como se verificou na seca de 2004/05[102].

Refira-se, em relação aos impactos de seca sobre os ecossistemas endémicos, que a importância dos mesmos não foi considerada para a fase actual de desenvolvimento da metodologia, uma vez que ainda não existe[103] uma caracterização das necessidades mínimas a garantir para assegurar a sobrevivência dos mesmos (caudais ecológicos, níveis piezométricos em sistemas aquíferos, etc.). Não obstante, essa informação poderá ser introduzida posteriormente, como uma limitação das disponibilidades para os demais sectores utilizadores, aumentando a relevância dos impactos estimados para os mesmos.

Assim, a metodologia de avaliação socioeconómica de impactos de seca foi baseada na quantificação e previsão de disponibilidades existentes nas diferentes origens de água, face às respectivas necessidades associadas, a que foram conjugadas estimativas específicas da potencial afectação, causada por uma dada situação de seca, na satisfação das necessidades dos principais sectores utilizadores da região em estudo: (i) o sector agrícola e (ii) o sector do abastecimento urbano, de acordo com os principais métodos de valoração económica da utilização da água, revistos no ponto 2.2.6.

Essa metodologia, que se descreve nos pontos seguintes, teve, ainda, como enquadramento a integração num Sistema de Previsão e Gestão de Secas, em desenvolvimento, para o INAG, I.P, que, tal como referido anteriormente, conta com o apoio técnico e científico da FEUP, através da equipa onde o autor da presente tese se encontra integrado, e ainda da Universidade de Évora.

Importa referir que a componente de avaliação adoptada para o sector agrícola, que será descrita nos pontos seguintes, foi desenvolvida pela equipa de investigação da Universidade de Évora envolvida no projecto SPGS (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b), com a colaboração da FEUP e em coordenação com esta, de acordo com a metodologia geral de avaliação que será doravante detalhada. Além disso, atendendo a que se trata de um sector especialmente dependente da variabilidade climática e susceptível de perdas de produção devido às situações de seca, foi alvo de uma avaliação específica segundo os tipos de prática agrícola (sequeiro ou regadio) e a(s) origem(ns) de água usada(s) para colmatar deficiências de humidade do solo (regadio público ou regadio privado).

[101] Ver ponto 3.3.5.
[102] Ver ponto 3.3.6.
[103] À data de entrega da presente tese.

O abastecimento urbano, por sua vez, foi avaliado atendendo, não só à respectiva prioridade legal (impondo restrições às disponibilidades em algumas origens, comuns com o sector agrícola), mas também à dependência de origens com evidenciada vulnerabilidade (em especial nas captações dependentes do Maciço Antigo Indiferenciado), tal como é possível constatar da caracterização da região em estudo[104]. A possibilidade de, em situação de seca, nessa região, se ter de recorrer a origens alternativas para satisfazer as necessidades existentes, foi verificada para a situação de seca de 2005, tal como devidamente detalhado na avaliação dos principais impactos e medidas adoptadas nessa seca, na região do Guadiana, efectuada no capítulo 3[105].

A agregação, ao nível regional (das UAG), do resultado final de afectação de seca deverá assentar no princípio de comparação da afectação económica global destes dois sectores utilizadores (soma) face à globalidade das actividades económicas dessa mesma região (medida através do Produto Interno Bruto)[106].

Como nota final importa salientar que, esta análise apresenta uma dupla dimensão espacial. De facto, apesar de as UAG terem sido definidas atendendo a uma compatibilização da escala e interacção entre origens de água e respectivas utilizações da região, verifica-se que a mesma não é, nem poderá ser, perfeita, como se comprova pelo facto de existirem origens de água que servem uma área mais vasta do que a UAG onde se encontram, chegando mesmo a interagir com outras regiões hidrográficas (sendo o exemplo mais representativo o sistema EFMA). Assim, apesar de o balanço necessidades/ disponibilidades ter de ser feito ao nível das origens de água, considerando a totalidade de utilizações delas dependentes, ainda que localizadas noutras áreas ou regiões hidrográficas, a avaliação de impactos de seca sobre os diferentes sectores utilizadores, deverá ser centrada na localização física das utilizações.

Tomando como exemplo o sistema EFMA, em especial a albufeira de Alqueva, localizada na UAG 3, verifica-se que existem várias utilizações dela dependentes, nomeadamente: (i) os perímetros de rega de São Manços e da Aldeia da Luz e um importante reforço para abastecimento urbano para a albufeira de Monte Novo (todas localizadas na UAG 3), bem como (ii) várias outras utilizações, sob a forma de transferências para outras regiões (Sado), quer para o reforço de origens para o abastecimento urbano, quer para os diversos perímetros de rega existentes no subsistema Alqueva, descritos em 3.3.5.4. Todas essas utilizações terão de ser consideradas para efectuar um balanço, ao nível das origens, para aferição das disponibilidades globais existentes. Porém, no caso de as disponibilidades não serem suficientes para satisfação das mesmas, o défice resultante será repartido pelas diferentes utilizações, de acordo com critérios a definir caso a caso. Assim, a avaliação de impactos de seca, das utilizações dependentes dessa albufeira, terá apenas em conta, na UAG 3, a parcela de necessidades por cumprir nos perímetros de rega de São Manços, Aldeia da Luz ou no reforço para abastecimento urbano da albufeira de Monte Novo. Os restantes impactos de seca serão avaliados nas áreas correspondentes às localizações físicas das demais utilizações afectadas (nomeadamente na região correspondente da bacia do Sado).

[104] Ver pontos 3.3.5 e 3.4.2.

[105] Ver ponto 3.3.6.

[106] Este aspecto será devidamente detalhado no ponto 4.6.

4.3.2 Avaliação do sector agrícola

O sector agrícola utiliza a água como um factor produtivo, quer directamente através da precipitação, quer através de rega, como satisfação complementar das necessidades hídricas das plantas (Raposo, 1996). Neste caso, uma situação de seca implicará, não só uma afectação da satisfação das necessidades das culturas por via da precipitação (especialmente significativo no caso das culturas de sequeiro), como também dos volumes disponíveis para rega (no caso das culturas de regadio), podendo conduzir a uma quebra de produção dos diferentes tipos de culturas, face à situação considerada normal ou de referência (Serralheiro *et al*, 2010).

Além dos sinais mais mediáticos, tais como as paisagens de culturas secas e murchas ou o abandono de terrenos cultivados (Ding *et al*, 2010), uma situação de seca levará à redução do benefício económico do sector na região (considerando o somatório regional dos benefícios obtidos na produção das diversas culturas), excepto em situações em que se verifica uma significativa subida do preço de venda das mesmas. Contudo, nas culturas cuja comercialização está dependente do preço verificado no mercado global (como é o caso das culturas para exportação, ou daquelas cujo volume de importação seja significativo face ao total comercializado no país), esse preço não será significativamente afectado por se verificar uma situação de seca numa região do país. Nesse sentido, a afectação do benefício do sector agrícola, em função do uso da água, constitui uma avaliação bastante razoável do impacto económico de seca sobre o sector (Ward *et al,* 2001; Ward & Michelsen, 2002; CHG, 2007; Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b).

Porém, o processo de avaliação do rendimento económico da produção agrícola assume alguma complexidade, devendo assentar na avaliação financeira da prática de cada cultura (produção, custos fixos e variáveis e preços de venda) (FAO, 2002). Não obstante, este método tanto pode ser aplicável a uma situação de normalidade (de condições de precipitação e de volumes disponíveis para rega nas principais origens), como numa situação de restrição das disponibilidades existentes, e ainda a qualquer tipo de culturas, de regadio ou de sequeiro.

Esse procedimento deverá passar, em primeiro lugar, pela identificação das culturas mais significativas para a região. Posteriormente, para essas mesmas culturas, deverá ser levada a cabo uma avaliação, por unidade de área cultivada, dos elementos (FAO, 2002):

I. Produção:

- Necessidades hídricas das culturas (m^3/ha);

- Produtividade em função da satisfação dessas necessidades (ton/ha).

II. Custos:

- Custos fixos (essencialmente decorrentes da dimensão da exploração e das técnicas de cultivo e de rega implementados) (€/ha);

- Custos variáveis (mão de obra, fertilizantes, etc.) (€/ha)

- Custos da água (€/m^3)

III. Preços de venda:

- Valor expectável (€/ton) de venda da cultura

Definidos estes parâmetros base, o benefício económico global expectável para o sector agrícola numa dada região, estará dependente do padrão de ocupação cultural (áreas agrícolas afectas às culturas mais significativas) e dos volumes de água que são, efectivamente, alocados ao sector.

A definição do padrão cultural é, por um lado, dependente das condições do mercado agrícola (preço de venda dos produtos, etc.) e, por outro, do risco assumido pelo agricultor (antecipadamente à verificação das reais disponibilidades existentes), em relação à satisfação das necessidades hídricas das culturas semeadas. Verificando-se uma considerável dificuldade na previsão dos padrões culturais em cada ano, existem, no entanto, formas de aproximação dos mesmos, nomeadamente considerando a utilização de modelos de programação linear (PL) para a optimização do benefício económico do sector (Colby, 1989; Onta *et al*, 1995; Ward *et al*, 2001; 2006; Cai *et al*, 2003; Evans *et al*, 2003), ainda que sujeito a condições fronteira para adequação às características da região.

Segundo o indicado nos estudos referenciados, os modelos assentam na optimização do benefício económico dos agricultores da região, conduzindo a uma alocação de áreas optimizada, "virtual", com vista à maximização de lucros associados à produção de diferentes culturas. Neste método será possível atender aos custos fixos e variáveis de produção das mesmas, bem como às produtividades associadas aos diferentes métodos produtivos, aos preços de venda das mesmas e, ainda, aos volumes de água disponíveis. Os factores de ponderação associados a cada cultura, na função objectivo, serão aproximadamente correspondentes ao lucro obtido em cada cultura, à excepção dos custos de utilização da água, contabilizados à parte, em função dos volumes disponíveis. Serão esses coeficientes que servirão, no modelo de programação linear, à definição da melhor alocação de áreas, com vista à maximização do benefício económico obtido. O valor final da função objectivo (soma dos lucros obtidos para a totalidade das áreas afectas a cada cultura) corresponderá ao benefício económico global dos agricultores da região.

Não obstante, apesar de ter sido tentada a aplicação desses métodos à região em estudo, verificou-se que, por dificuldades na obtenção de dados actualizados e fidedignos na quantificação dos custos associados às culturas representativas para a região, teve de ser considerada uma abordagem alternativa na estimativa do impacto económico de situação de seca sobre o sector agrícola. Para tal considerou-se a hipótese de a afectação do sector agrícola poder ser estimada pela diferença entre o rendimento económico expectável para o sector numa situação de normalidade, ou de referência, e o obtido na situação de seca em causa. A metodologia seguida passa, então, pela avaliação da redução das vendas (facturação) do sector, e não directamente do benefício (ou lucro) obtido pelos produtores agrícolas. Este procedimento pressupõe uma quantificação anual do rendimento obtido pelo sector agrícola e comparação do mesmo face a uma situação de referência (Serralheiro *et al*, 2010a; 2010b).

A simplificação em causa parte do pressuposto de que a afectação da facturação será, aproximadamente, correspondente à redução dos lucros, assumindo-se que os custos se manterão constantes. Apesar de tal poder não corresponder totalmente à realidade, pois poderá haver uma selecção de culturas de produção menos dispendiosa ou menores custos de utilização de água (devido à diminuição dos volumes disponíveis), entre outros, existe uma

variabilidade nos custos de outros factores produtivos (mão de obra, combustíveis, sementes, adubos, fertilizantes, equipamentos agrícolas, etc.), que também não será contabilizada.

Todavia, para utilização desta alternativa é necessário prever a ocupação cultural com base em dados do passado (por exemplo, a verificada em anos anteriores que, em primeira aproximação, será relativamente próxima do que se poderá verificar no ano transacto), uma vez que é inviabilizado o recurso ao processo de optimização linear descrito. No entanto, na falta de dados para uma caracterização mais rigorosa, considera-se que este método constitui uma razoável aproximação da afectação do sector agrícola devido a situações de seca, na região em análise (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a, 2010b).

A metodologia de avaliação do rendimento económico do sector será, então, descrita segundo a prática cultural, de sequeiro, ou de regadio e, ainda, neste último caso, segundo o tipo de origem utilizada, regadio público (aproveitamentos hidroagrícolas) ou regadio privado (origens de iniciativa privada, tais como pequenas barragens ou captações de águas subterrâneas). Importa referir que essa metodologia, desenvolvida pela U.Évora, no âmbito do projecto SPGS, teve, como área geográfica de incidência, toda a parte portuguesa do Guadiana, embora, na presente tese, seja apenas apresentada a sua aplicação à região de estudo definida.

4.3.2.1 Agricultura de Sequeiro

A estimativa do rendimento económico do subsector da agricultura de sequeiro, tanto para uma situação de normalidade, como de seca, compreende as quatro componentes, descritos em Serralheiro *et al* (2010; 2010a; 2010b), e que se resumem em seguida:

I. <u>Identificação dos principais grupos culturais</u>

Apesar de ter sido utilizada, inicialmente, a informação referente ao *Corine Land Cover* 2006 (Caetano *et al*, 2009), verificou-se não ser possível desagregar, através desta fonte de informação, as culturas anuais de sequeiro segundo grupos de culturas com interesse para a avaliação socioeconómica dos impactos de seca. Assim, os principais grupos culturais de sequeiro da região em estudo foram identificados tomando como ponto de partida os dados do Recenseamento Geral Agrícola (RGA) de 1999 (INE, 2001) e a consequente actualização com base na avaliação da evolução das estatísticas territoriais dos últimos 10 anos (INE, 2010)[107]. Os resultados dessa análise e as respectivas culturas representativas resumem-se na Tabela 4.30.

Tabela 4.30: Culturas representativas dos principais grupos culturais de sequeiro (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b)

Grupos de culturas	**Cultura representativa**
Cereais Grão	Trigo
Leguminosas para grão	Tremocilha
Forragem	Aveia
Pastagens Temporárias e Permanentes	-

[107] Importa notar que, à data de entrega da presente tese, ainda não haviam sido divulgados os resultados correspondentes ao Recenseamento Agrícola de 2009.

II. Definição dos padrões de ocupação cultural (áreas afectas a cada grupo identificado)

Tomando como base a informação disponibilizada no RGA 1999, foi considerada uma evolução das mesmas pela variação percentual indicada nas estatísticas territoriais anuais (INE, 2010), para a região em causa (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a, 2010b). Com base nessa informação, as áreas dos principais grupos culturais de sequeiro são quantificadas por unidade de análise e gestão, sendo apresentadas na Tabela 4.31. Importa referir que, para desenvolvimentos futuros, esta informação deverá ser actualizada com a publicação do RA 2009 e, daí em diante, idealmente, com actualizações anuais, até à publicação dos dados de um novo Recenseamento Agrícola.

Tabela 4.31: Áreas dos principais grupos culturais de sequeiro, por UAG (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b)

Grupo de Culturas	Áreas UAG 1 (ha)	Áreas UAG 2 (ha)	Áreas UAG 3 (ha)
Cereais para Grão	24.132	8.563	26.442
Leguminosas para Grão	138	189	565
Forragens	5.869	3.241	10.325
Pastagens temporárias e permanentes	25.873	24.058	39.003
Totais	56.011	36.051	76.335

III. Quantificação da produção em função das disponibilidades de água (precipitação)

A quantificação da produção é determinada de acordo com o tipo de grupo cultural.

a) Cereais para grão, leguminosas para grão e forragens

A quantificação da produção para estes três grupos de culturas é efectuada em função da produtividade da água para a cultura representativa dos cereais para grão, o trigo. Esta é dada pela expressão [4.6] (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b):

$$Y = 119 + 6{,}1X_1 - 0{,}006X_1^2 + 14X_2, \qquad [4.6]$$

sendo,

Y – Produção do Trigo (kg/ ha), com um valor, em condições óptimas, de 3000 kg/ha;

X1 - Precipitação acumulada entre o início de Novembro e o final de Fevereiro (mm);

X2 - Precipitação ocorrida entre o início de Março e o final de Abril (mm).

Por sua vez, a produção das leguminosas para grão, representadas pela Tremocilha, bem como a produção das forragens, representadas pela Aveia, são ambas determinadas em função da produtividade da água para o Trigo (Y), através das expressões [4.7] e [4.8], respectivamente (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b):

$$W = 193 + 0{,}23Y \qquad [4.7]$$

W corresponde à produtividade da Tremocilha (kg/ha), com um valor, em condições óptimas, de 880 kg/ha.

$$Z = 1{,}237Y + 1757{,}5 \quad [4.8]$$

Z corresponde à produtividade da Aveia (kg/ha), com um valor, em condições óptimas, de 5467 kg/ha.

b) Pastagens temporárias e permanentes

As pastagens possuem um procedimento de avaliação diferenciado conforme se trata da produção de Outono/ Inverno ou da produção de Primavera. No primeiro caso, a avaliação da produtividade é função da altura em que se verificam 50 mm de precipitação acumulada (Tabela 4.32). Ainda assim, se a precipitação acumulada de Novembro a Fevereiro (inclusive) for inferior a 100 mm, a produção resultante corresponderá a 30 % da produção de referência.

Tabela 4.32: Afectação da produção de pastagens, por unidade de área (ha), no período de Outono/ Inverno (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b)

Época do ano em que se verificam 50 mm acumulados	**Produção percentual**	**Produção de matéria seca, kg/ha**
		Pastagem natural
Entre 1 de Setembro e 31 de Outubro	100	500
Entre 31 de Outubro e 30 de Novembro	65	325
Depois de 30 de Novembro, ou precipitação acumulada de Nov-Fev inferior a 100 mm	30	150

Por sua vez, no caso do período de Primavera, a produção de pastagens será determinada em função da precipitação verificada nos meses de Março e Abril (Tabela 4.33).

Tabela 4.33: Afectação da produção, por unidade de área (ha), das pastagens no período de Primavera (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b)

Precipitação de Março e Abril	**Produção percentual**	**Produção de matéria seca, kg/ha**
		Pastagem natural
≥ 90mm	100	1500
60-90 mm	75	1125
30-60 mm	50	750
≤ 30 mm	25	375

IV. Avaliação do rendimento económico correspondente

Para avaliação do rendimento do subsector da agricultura de sequeiro na região, é necessário obter o valor económico global da produção de cada grupo cultural, multiplicando os respectivos valores de produção, por unidade de área, pelas áreas afectas a cada grupo cultural, bem como pelos preços praticados para os mesmos. Tal como referido anteriormente, considera-se não existir uma variabilidade significativa dos preços de algumas culturas, devido à situação de seca, como é o caso do Trigo ou da Tremocilha. Não obstante, procurando atender a eventuais variações regionais, em especial no caso da aveia para forragem e da palha, foram considerados preços específicos para situação normal (ou de referência) e para situação de seca. Assim, os preços considerados foram (Serralheiro *et al*, 2010b):

- Trigo: Preço indicativo 175 €/ton.
- Tremocilha: Preço indicativo 300€/ton.
- Aveia (forragem): Preços indicativos 7.5 cent/kg (ano normal) e 12 cent/kg (ano de seca).

Porém, numa situação de afectação da produção de pastagens, será necessário considerar uma redução do benefício económico deste subsector devido aos custos acrescidos pela necessidade de aquisição de alimento grosseiro (palha) e concentrado (ração), para compensação da perda de pasto para o gado. O critério a seguir será: por cada 100kg de perda de produção da pastagem será necessário adquirir 75kg de palha e 25kg de ração. O preço da palha considerado foi de 10 cent/ kg (ano de seca). Por sua vez, o preço da ração animal considerado foi de 20 cent/ kg.

4.3.2.2 Agricultura de Regadio Público

Nas áreas de regadio beneficiadas por aproveitamentos hidroagrícolas (albufeiras públicas de iniciativa estatal), poderá ser considerado um subsector específico, habitualmente designado por agricultura de regadio público. Na sequência do indicado no ponto 4.3.1, a avaliação dos impactos de seca neste subsector terá apenas como base os perímetros de rega localizados na zona em estudo, nomeadamente do Caia, do Lucefecit, da Vigia e ainda os integrados no sistema EFMA, São Manços e Aldeia da Luz (ver Figura 3.30, do Capítulo 3).

Similarmente ao efectuado para a agricultura de sequeiro, a avaliação do rendimento económico deste subsector subdivide-se nas componentes, descritos em Serralheiro *et al* (2010; 2010a; 2010b) e que se resumem em seguida:

I. <u>Identificação dos principais grupos culturais e áreas cultivadas</u>

Os principais grupos culturais para o regadio público são divididos segundo culturas anuais ou permanentes (Tabela 4.34).

Tabela 4.34: Principais grupos culturais e respectivas culturas representativas do regadio público (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b)

Tipo de culturas	Grupos de culturas	Cultura representativa
Culturas Anuais	Cereais de primavera	Milho
	Oleaginosas	Girassol
	Cereais de Inverno	Trigo
	Hortícolas industriais	Tomate (para polpa)
	Hortícolas frescas	Tomate
	Arroz	Arroz
Culturas Permanentes	Prado Permanente	Prado
	Olival	Olival (intensivo)
	Pomares	Prunóideas (Ameixa/ Pêssego)
	Pomares	Citrinos
	Vinha de vinho	Vinha

As respectivas áreas das culturas foram definidas em função do histórico de ocupação cultural de cada aproveitamento hidroagrícola em exploração na região em estudo (DGADR, 2009), sendo apresentados, nas Tabelas 4.35 a 4.37, os dados de ocupação cultural, no período de 1997/98 a 2008/09, do Caia (UAG 1), Lucefecit (UAG 2) e Vigia (UAG 3), respectivamente[108].

Tabela 4.35: Ocupação cultural do perímetro do Caia (UAG 1) no período de 1997/98 a 2008/09 (adaptado de DGADR (2009))

Aproveitamento hidroagrícola do Caia (UAG 1) – Áreas (ha)												
Culturas	**97/98**	**98/99**	**99/00**	**00/01**	**01/02**	**02/03**	**03/04**	**04/05**	**05/06**	**06/07**	**07/08**	**08/09**
Milho / cereais primavera	3.492	3.510	2.813	2.606	2.754	2.526	1.853	1.298	1.168	1.243	1.615	998
Girassol / Oleaginosas	448	479	737	575	428	245	268	255	57	76	115	173
Trigo/ Cereais Inverno	163	1.459	2.171	1.904	2.754	0	316	801	978	389	340	1.478
Tomate/ Hortícolas Industriais	245	345	244	79	185	489	394	675	739	881	1.143	995
Hortícolas Frescas	95	61	23	35	32	27	10	51	13	54	57	116
Arroz	202	134	159	59	61	64	88	81	80	79	78	80
Prado Permanente	139	75	53	73	124	77	394	70	86	91	121	152
Olival	163	200	128	166	255	233	282	341	337	527	1.785	2.039
Pomar (Prunóideas)	58	222	145	135	209	203	187	104	318	378	372	434
Pomar (Citrinos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vinha Vinho	3	0	29	39	71	41	58	39	0	38	37	34

Tabela 4.36: Ocupação cultural do perímetro do Lucefecit (UAG 2) no período de 1997/98 a 2008/09 (adaptado de DGADR (2009))

Aproveitamento hidroagrícola do Lucefecit (UAG 2) – Áreas (ha)												
Culturas	**97/98**	**98/99**	**99/00**	**00/01**	**01/02**	**02/03**	**03/04**	**04/05**	**05/06**	**06/07**	**07/08**	**08/09**
Milho / cereais primavera	711	548	638	665	608	600	442	218	189	408	427	539
Girassol / Oleaginosas	44	52	26	38	0	0	0	0	0	0	0	0
Trigo/ Cereais Inverno	100	35	2	2	126	1	42	292	281	140	166	72
Tomate/ Hortícolas Industriais	0	0	0	0	0	33	0	39	30	31	0	0
Hortícolas Frescas	80	79	37	40	20	31	37	38	56	50	27	31
Arroz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prado Permanente	55	62	56	39	39	33	40	87	39	75	32	51
Olival	42	7	36	38	40	29	43	43	114	132	143	153
Pomar (Prunóideas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomar (Citrinos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vinha Vinho	24	23	24	37	54	56	64	62	74	85	81	84

[108] À data de entrega da presente tese, ainda não se encontravam disponíveis os dados de ocupação cultural referentes ao ano hidrológico de 2009/10, para os aproveitamentos hidroagrícolas em causa.

Tabela 4.37: Ocupação cultural do perímetro da Vigia (UAG 3) no período de 1997/98 a 2008/09 (adaptado de DGADR (2009))

Aproveitamento hidroagrícola da Vigia (UAG 3) – Áreas (ha)												
Culturas	**97/98**	**98/99**	**99/00**	**00/01**	**01/02**	**02/03**	**03/04**	**04/05**	**05/06**	**06/07**	**07/08**	**08/09**
Milho / cereais primavera	759	489	88	725	616	782	735	328	176	431	439	396
Girassol / Oleaginosas	240	120	429	164	108	81	92	21	180	184	183	176
Trigo/ Cereais Inverno	212	521	677	328	357	224	322	404	253	66	64	158
Tomate/ Hortícolas Industriais	0	0	0	0	0	0	0	0	40	55	60	0
Hortícolas Frescas	104	140	42	62	97	84	84	87	24	20	16	24
Arroz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prado Permanente	0	0	0	0	0	0	0	59	0	2	2	79
Olival	0	120	104	117	106	105	97	96	136	153	158	134
Pomar (Prunóideas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomar (Citrinos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vinha Vinho	10	40	59	69	75	91	98	113	128	144	146	152

Por outro lado, os perímetros de rega do sistema EFMA, presentes na região em estudo (perímetros de rega da Aldeia da Luz e de São Manços) foram alvos de uma avaliação específica com base em informação da EDIA (Serralheiro *et al*, 2010b).

O perímetro da Aldeia da Luz (directamente beneficiado pela albufeira de Alqueva), entrou em funcionamento durante o ano hidrológico de 2005/06, possuindo, todavia, uma dimensão bastante reduzida, num total de cerca de 591 ha (Serralheiro *et al*, 2010b). As principais culturas presentes são do tipo permanente (olival, vinha e pastagens), pelo que a ocupação cultural poderá ser considerada fixa e dada pela Tabela 4.38.

Tabela 4.38: Ocupação cultural do regadio da Aldeia da Luz (Serralheiro *et al*, 2010b).

Regadio da Aldeia da Luz (UAG 3)	
Culturas	**Áreas (ha)**
Prado permanente	217
Olival	290
Vinha	84
Total	591

Por outro lado, importa notar que, no caso do perímetro de rega de São Manços (apenas beneficiado pela albufeira de Alqueva, a partir da transferência de volumes da albufeira de Loureiro[109]), após alguns ensaios nos anos de 2007 e de 2008, a entrada em exploração teve lugar no ano hidrológico de 2008/09 (EDIA, 2010a). Por esse motivo, ainda não existe um histórico de ocupação cultural, uma vez que apenas uma pequena parte da área beneficiada foi regada nos últimos anos hidrológicos[110]. Não obstante, as áreas verificadas no ano de 2008/09, afectas a cada um dos principais grupos culturais identificados, poderão ser consideradas representativas da ocupação cultural deste sistema (Tabela 4.39).

[109] Ver caracterização do sistema EFMA no ponto 3.3.5.

[110] À data de entrega da presente tese apenas estavam disponíveis dados para o ano hidrológico de 2008/09, no qual se verificou uma área regada de cerca de 32 % da área total (Serralheiro *et al*, 2010b).

Tabela 4.39: Ocupação cultural do perímetro de São Manços (Serralheiro *et al*, 2010b)

Perímetro de rega de São Manços (UAG 3) – Áreas (ha)		
Culturas	**08/09**	**%**
Milho / cereais primavera	643	25
Girassol / Oleaginosas	-	
Trigo/ Cereais Inverno	131	5
Tomate/ Hortícolas Industriais	178	7
Hortícolas Frescas	-	
Arroz	-	
Prado Permanente	385	15
Olival	1125	44
Pomar (Prunóideas)	-	
Pomar (Citrinos)	-	
Vinha Vinho	117	4
Total	2579	100

II. Determinação das necessidades hídricas de cada grupo cultural

Para determinação das necessidades hídricas das culturas (ETc) foi seguida a metodologia generalizada por Doorenbos & Kassam (1979) (FAO 33) e revista por Allen *et al* (1998) (FAO 56), que consiste no cálculo da taxa de evapotranspiração de referência (ETo), pela fórmula de Penman-Monteith e determinação dos coeficientes culturais (Kc).

Porém, não existindo informação, para todas as UAG da região em análise, sobre os parâmetros meteorológicos: temperatura (ºC), humidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m/s) e radiação global (W/m^2), necessários ao cálculo da ETo segundo a fórmula de Penman-Monteith, foi utilizada, em alternativa, a fórmula de Hargreaves (Hargreaves & Santini, 1965), cujos dados necessários se restringem aos valores diários da temperatura (máxima e mínima) e da radiação extraterrestre (calculada em função da latitude e dia do ano). Não obstante, para ajuste dos valores de ETo obtidos com *Hargreaves* (y), estabeleceu-se uma correlação com os valores de *Penman-Monteith* (X), obtidos a partir da rede de estações SAGRA - Sistema Agro-meteorológico para a Gestão da Rega no Alentejo (COTR, 2010). As estações meteorológicas automáticas completas dessa rede possuem dados diários de ETo, desde Setembro de 2001, sendo determinados segundo a metodologia de *Penman-Monteith*. A correlação em causa tem um coeficiente de determinação (R^2) de 0.97 e é dada por [4.9]:

$$y = 1.004.X - 3.773 \ (\text{mm}) \qquad [4.9]$$

Assim, a determinação dos coeficientes de cada grupo cultural (kc) e das respectivas necessidades hídricas foi efectuada, para cada uma das culturas representativas identificadas, a partir do programa ISAREG (Teixeira & Pereira, 1992). Esse cálculo foi efectuado de forma diferenciada por UAG e considerando os seguintes dados de entrada:

- Séries de precipitação mensal (mm), por UAG, cujo processo de tratamento e colmatação de falhas foi descrito no ponto 4.2.1. As séries finais, de 1960/61 a 2009/10, são apresentadas no Anexo 2.

- Séries de evapotranspiração de referência mensal – ETo (mm), por UAG, obtidas a partir do procedimento descrito. Por dificuldade na obtenção de dados diários de temperaturas máximas e mínimas no ano 2009/10, apenas foi considerado o período de 1960/61 a 2008/09, para a determinação da ETo. As séries finais correspondentes são apresentadas no Anexo 9.

Além destes dados, foi ainda considerado que a região em estudo é constituída por dois tipos genéricos de solos (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b):

- Tipo 1, com capacidade de armazenamento de 200 mm de água por metro de profundidade (para as culturas anuais);

- Tipo 2, com capacidade de armazenamento de 100 mm de água por metro de profundidade (para as culturas permanentes lenhosas – pomares, olival e vinha).

Deste procedimento, resultam os valores obtidos para a média do período 1960/61 a 2008/09, para as culturas mais representativas, por UAG, resumidos nas Tabelas 4.40 a 4.42. Importará notar que os valores de necessidades hídricas apresentados tiveram por base a consideração de uma cobertura de solo de 50% na vinha e, no olival adulto, de um compasso de 7x6m e um diâmetro de copa médio de 4 m, correspondente a uma cobertura de solo de 60 %.

Tabela 4.40: Necessidades hídricas das culturas (m^3/ha) para a UAG 1 (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b)

UAG 1 – Necessidades hídricas das culturas/ Dotações (m^3/ha)													
Culturas	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Total anual (m3/ha)**
Milho / cereais primavera	0	0	0	0	0	0	0	210	1.210	2.260	2.090	480	**6.250**
Girassol / Oleaginosas	0	0	0	0	0	0	210	1.050	1.660	690	0	0	**3.610**
Trigo/ Cereais Inverno	0	0	0	0	0	260	480	600	270	0	0	0	**1.610**
Tomate/ Hortícolas Industriais	0	0	0	0	0	0	70	670	1.610	2.070	1.470	100	**5.990**
Tomate/ Hortícolas Frescas	0	0	0	0	0	0	70	670	1.610	2.070	1.470	100	**5.990**
Arroz	0	0	0	0	0	4.260	520	1.170	3.160	3.660	2.230	0	**15.000**
Prado Permanente	70	10	0	10	0	80	210	660	1.030	1.450	1.310	510	**5.340**
Olival	140	0	0	0	0	0	80	440	220	0	0	330	**1.210**
Pomar (Prunóideas)	170	0	0	0	0	0	80	500	930	1.260	1.080	430	**4.450**
Pomar (Citrinos)	0	0	0	0	0	0	50	720	1.170	1.620	1.200	510	**5.270**
Vinha Vinho	0	0	0	0	0	0	15	110	400	640	465	0	**1.630**

Tabela 4.41: Necessidades hídricas das culturas (m³/ha) para a UAG 2 (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b)

UAG 2 – Necessidades hídricas das culturas/ Dotações (m³/ha)													
Culturas	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Total anual (m3/ha)**
Milho / cereais primavera	0	0	0	0	0	0	0	200	1.160	2.300	2.100	450	**6.210**
Girassol / Oleaginosas	0	0	0	0	0	0	240	960	1.670	690	0	0	**3.560**
Trigo/ Cereais Inverno	0	0	0	0	20	250	550	550	260	0	0	0	**1.630**
Tomate/ Hortícolas Industriais	0	0	0	0	0	0	90	660	1.550	2.040	1.520	40	**5.900**
Tomate/ Hortícolas Frescas	0	0	0	0	0	0	90	660	1.550	2.040	1.520	40	**5.900**
Arroz	0	0	0	0	0	4.260	520	1.170	3.160	3.660	2.230	0	**15.000**
Prado Permanente	80	10	0	10	10	80	250	570	1.030	1.490	1.190	620	**5.340**
Olival	100	0	0	0	0	0	130	330	280	0	0	370	**1.210**
Pomar (Prunóideas)	170	0	0	0	0	0	100	400	870	1.160	1.120	540	**4.360**
Pomar (Citrinos)	0	0	0	0	0	0	50	550	1.310	1.530	1.350	430	**5.220**
Vinha Vinho	0	0	0	0	0	0	20	120	380	650	440	0	**3.220**

Tabela 4.42: Necessidades hídricas das culturas (m³/ha) para a UAG 3 (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b)

UAG 3 – Necessidades hídricas das culturas/ Dotações (m³/ha)													
Culturas	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Total anual (m3/ha)**
Milho / cereais primavera	0	0	0	0	0	0	0	200	1.230	2.290	2.110	500	**6.330**
Girassol / Oleaginosas	0	0	0	0	0	0	230	1.080	1.680	690	0	0	**3.680**
Trigo/ Cereais Inverno	0	0	0	0	30	290	560	640	320	0	0	0	**1.840**
Tomate/ Hortícolas Industriais	0	0	0	0	0	0	90	700	1.630	2.040	1.570	60	**6.090**
Tomate/ Hortícolas Frescas	0	0	0	0	0	0	90	700	1.630	2.040	1.570	60	**6.090**
Arroz	0	0	0	0	0	4.260	520	1.170	3.160	3.660	2.230	0	**15.000**
Prado Permanente	90	10	0	10	10	90	270	650	1.070	1.450	1.320	550	**5.520**
Olival	110	0	0	0	0	0	170	370	270	0	0	420	**1.340**
Pomar (Prunóideas)	150	0	0	0	0	0	120	440	1.050	1.120	1.040	640	**4.560**
Pomar (Citrinos)	0	0	0	0	0	0	20	670	1.360	1.510	1.460	300	**5.320**
Vinha Vinho	0	0	0	0	0	0	15	130	390	640	475	0	**1.650**

Os valores de extracção de água das origens para rega deverão, ainda, entrar em linha de conta com as eficiências dos métodos de rega predominantes, segundo cada cultura identificada. Assim, os métodos de rega e respectivas eficiências consideradas, por tipo de culturas, são (Tabela 4.43):

Tabela 4.43: Métodos de rega dominantes e respectivas eficiências para cada cultura representativa (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b)

Culturas	Método de rega	Eficiência
Milho / cereais primavera	Aspersão	0,75
Girassol / Oleaginosas	Aspersão	0,75
Trigo/ Cereais Inverno	Aspersão	0,75
Tomate/ Hortícolas Industriais	Localizada	0,9
Arroz	-	1
Prado Permanente	Aspersão	0,75
Olival	Localizada	0,9
Pomar (Prunóideas)	Localizada	0,9
Pomar (Citrinos)	Localizada	0,9
Vinha Vinho	Localizada	0,9

No caso do arroz, a rega é efectuada por alagamento, pelo que os volumes anteriormente apresentados correspondem às necessidades de água para a manutenção de uma lâmina líquida de 5 a 10 cm acima do solo, variável de acordo com a época de desenvolvimento da cultura. Por esse motivo, é considerado que a eficiência corresponde a 1, i.e., os valores necessários correspondem directamente às extracções de água das origens (Serralheiro *et al*, 2010).

O valor final global das necessidades de rega que serão extraídas das principais albufeiras existentes será obtido multiplicando, para cada cultura, a área respectiva (A), pelas necessidades hídricas ou dotações (dot) e dividindo pela eficiência do método de rega utilizado na aplicação da água (η) [4.10].

$$\text{Vol rega} = \sum_{\text{cultura}} \frac{\text{A}\times\text{dot}}{\eta} \qquad [4.10]$$

III. Avaliação das disponibilidades em albufeiras públicas

Determinadas as necessidades globais de rega associadas às albufeiras públicas, deverão ser avaliadas as disponibilidades existentes nessas mesmas albufeiras. Essa quantificação deverá ser efectuada por balanço hídrico, atendendo aos volumes existentes na albufeira no início do ano agrícola, às afluências verificadas do período de análise, bem como a todas as saídas da albufeira não destinadas à rega de culturas (evaporação, descargas e consumos prioritários, como é o caso do Abastecimento Urbano). Este tipo de origens será objecto de um procedimento específico para avaliação das disponibilidades, descrito em mais detalhe em 4.5.4.

IV. Avaliação da produção face às disponibilidades existentes

No caso de ser verificada, no balanço necessidades-disponibilidades, a existência de défice, o mesmo será repartido de forma idêntica entre todas as culturas. Não obstante, a

avaliação da produção deste subsector é efectuada de forma diferenciada para as culturas anuais e para as culturas permanentes.

No primeiro caso, a produção é avaliada admitindo que se mantém as produções de referência por unidade de área (kg/ha) de cada cultura representativa (Tabela 4.44). Assim, uma afectação das disponibilidades existentes, face às necessidades globais quantificadas, traduzir-se-á numa redução da área regada, afectando a produção global da(s) cultura(s) em causa.

Tabela 4.44: Produções de referência em kg/ha (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b)

Cultura/Grupo	Produção de referência (kg/ha)	Nota
Milho/Cereais Primavera	12.000	(Grão)
	60.000	(Matéria Verde)
Girassol/Oleaginosas	2.000	-
Trigo/Cereais Inverno	3.500	-
Tomate/Hortícolas Industriais	85.000	-
Tomate/Hortícolas Frescas	60.000	-
Arroz	6.500	-

Para as culturas permanentes o procedimento de quantificação da produção é, todavia, distinto, considerando-se a aplicação de rega deficitária controlada. Como não é possível reduzir a área cultivada de culturas permanentes, a diminuição de água disponível face às necessidades de rega destas culturas terá reflexos na dotação por unidade de área das culturas permanentes, admitindo a rega de toda a área cultivada. As produções das culturas permanentes irão, então, variar em função do volume de água proporcionado à cultura, utilizando-se para isso as funções de produção indicadas da Tabela 4.45, onde X (m^3/ ha) representa a dotação aplicada à cultura resultante da rega deficitária controlada e Y (kg/ha) a produção bruta de cada cultura representativa. Estas funções foram obtidas por recurso ao programa ISAREG (Teixeira & Pereira, 1992), com base nas quebras de produção que resultarão de a cultura ser submetida a diferentes níveis de *stress* hídrico.

Tabela 4.45: Produção de referência e funções de produção para as culturas permanentes (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b)

Cultura	Produção Referência (kg/ha)	Função Produção (kg/ha)
Olival	7 200	Y=0.699(X)+6273
Vinha	8 000	Y=2,201(X)+4404
Citrinos	40 000	Y=3,839(X)+22634
Prunóideas	20 000	Y=1,817(X)+10409
Prado permanente	10.000 (mat seca)	Y=0,884(X) + 5244

V. <u>Determinação do rendimento económico do subsector da agricultura de regadio público</u>

A determinação do rendimento económico do sector agrícola dependente do regadio público será feita pelo somatório do rendimento da produção de cada cultura representativa, considerando os respectivos preços de venda (Tabela 4.46).

Tabela 4.46: Preços médios das culturas (€/kg) (Serralheiro *et al*, 2010b)

Tipo de culturas	Cultura/Grupo	Preço Médio (€/kg)	Nota
Culturas anuais	Milho/Cereais Primavera	0,175	(Grão)
		0,03	(Matéria Verde)
	Girassol/Oleaginosas	0,3	
	Trigo/Cereais Inverno	0,175	
	Tomate/Hortícolas Industriais	0,10	
	Tomate/Hortícolas Frescas	0,50	
	Arroz	0,35	
Culturas permanentes	Prado permanente	0,15	Matéria seca
	Olival	0,3	(Azeite)
		0,5	(Conserva)
	Vinha (Uva Vinho)	0,45	(Branca)*
		0,55	(Tinto)*
	Citrinos/Pomar	0,3	
	Prunoideas/Pomar	1	

A avaliação do preço do prado permanente teve em consideração que a perda de 1 kg de produção de pastagem será compensada com 1/2 kg de silagem, em ambos os casos referidos a matéria seca.

4.3.2.3 Agricultura de Regadio Privado

Nas áreas de regadio localizadas fora dos principais aproveitamentos hidroagrícolas, poderá ser considerado outro subsector específico, habitualmente designado por agricultura de regadio privado. Nestas áreas, a rega é possível graças à construção, por iniciativa privada, das infra-estruturas necessárias à exploração de origens de água próprias, como pequenas albufeiras, charcas e captações de água subterrânea, podendo diferenciar-se estas últimas, consoante utilizem água de sistemas aquíferos, de maior produtividade, ou da área indiferenciada do Maciço Antigo.

Assim, para estas áreas, de forma idêntica ao efectuado para os outros subsectores agrícolas, a avaliação do rendimento económico subdivide-se nas componentes, descritas em Serralheiro *et al* (2010; 2010a; 2010b) e que se resumem em seguida.

I. <u>Identificação dos principais grupos culturais</u>

No que toca aos principais grupos culturais, são considerados os mesmos identificados para o regadio público, e as respectivas culturas representativas (Tabela 4.34).

II. <u>Quantificação das necessidades hídricas, por unidade de área, de cada grupo cultural</u>

Em relação às necessidades hídricas das culturas, não se dispõe de informação específica sobre os volumes de água utilizados para rega nestas áreas. Assim, foram tomados

os dados de necessidades hídricas (dotações) quantificados, por unidade de área, para o regadio público, para as diferentes UAG (Tabelas 4.40 a 4.42), bem como os dados relativos aos métodos de rega dominantes e respectivas eficiências definidos na Tabela 4.43.

III. Determinação das áreas cultivadas, por tipo de origem de água

No que toca à ocupação cultural, não existindo uma caracterização específica das áreas de regadio afectas a cada origem de água (para uma possível comparação entre necessidades e disponibilidades), foi necessário adoptar um procedimento estimativo para determinação da distribuição das áreas cultivadas, por tipo de origem de água e por UAG. O procedimento adoptado considerou a existência de dois tipos principais de origens de água, as pequenas albufeiras e as captações de água subterrânea[111], tendo por base os seguintes passos (Serralheiro *et al*, 2010b):

a) Avaliação das áreas de regadio total, por grupo cultural, a partir dos dados, por concelho, do RGA 99 (INE, 2001). Importa notar que, tal como para o sequeiro, apesar de inicialmente ter sido utilizada a informação referente ao *Corine Land Cover* 2006 (Caetano *et al*, 2009), verificou-se não ser possível desagregar, através desta fonte de informação, as culturas anuais de regadio segundo grupos de culturas com interesse para a avaliação socioeconómica dos impactos de seca;

b) Determinação das áreas de regadio privado, para os diferentes grupos culturais, como resultado da diferença, por concelho, entre as áreas de regadio total obtidas no ponto anterior e as áreas de regadio público do ano correspondente, neste caso 1999, disponibilizados em DGADR (2009). A distribuição das áreas por grupo cultural é efectuada admitindo alteração idêntica à verificada no regadio público.

c) Determinação, por concelho e por UAG, das áreas de regadio privado. A subdivisão das áreas de regadio privado (definidas em b), segundo as 3 UAG foi efectuada admitindo que a sua distribuição é uniforme na área de cada concelho.

d) Subdivisão das áreas de regadio privado, por concelho, por UAG, segundo o tipo de origens de água (albufeiras ou captações de água subterrânea). O RGA de 1999 não permite distinguir o tipo de origem de água das áreas regadas por iniciativa privada. Por esse motivo, foi considerado um procedimento alternativo para estimativa da proporção relativa entre as áreas regadas pelos dois tipos de origens de água, face à área de regadio privado total definida no ponto anterior. Como ponto de partida foi adoptada a informação de áreas, por tipo de origem de água, existente no inventário de áreas de pequeno regadio do Alentejo - designado PRIA (COTR, 2003). Este inventário incidiu sobre o distrito de Setúbal (na costa alentejana, fora da

[111] Apesar de relevantes na área em questão, devido à sua natureza de aproveitamento de águas subterrâneas, as charcas foram integradas na categoria de captações de água subterrânea (Serralheiro *et al*, 2010b).

bacia do Guadiana), mas também sobre os distritos de Évora e Beja (este último não incluído na região em estudo) (Oliveira *et al*, 2005). Porém, apesar de vasta, a base espacial de incidência do PRIA não permite uma caracterização rigorosa e detalhada de toda a região em estudo (em especial para Norte, na UAG 1 – distrito de Portalegre). Ainda assim, existindo, no PRIA, alguma informação para as UAG 2 e 3, foram tomadas como base as correspondentes proporções verificadas para as áreas servidas por albufeiras e por captações de águas subterrâneas (Tabela 4.47). Para o caso particular da UAG 1, não existindo dados significativos que permitam efectuar uma avaliação idêntica, foi efectuada uma proporção média com base em todas as áreas inventariadas na bacia hidrográfica do Guadiana (mesmo as que estão fora da região em estudo) (Tabela 4.47).

Tabela 4.47: Proporções admitidas para distribuição de áreas servidas por pequenas albufeiras e por captações de água subterrânea (adaptado de Serralheiro *et al*, 2010b)

UAG	% de área de regadio privado	
	Pequenas albufeiras	Águas subterrâneas
1	39% (média)	61% (média)
2	47% (539 ha)	53% (603 ha)
3	27% (2269 ha)	73% (5993 ha)
- *	46% (6417 ha)	64% (7642 ha)

* Áreas inventariadas pelo PRIA na bacia do Guadiana, mas situadas fora da região em estudo

A quantificação das áreas de regadio privado, por UAG, por tipo de origem poderá, assim, ser efectuada por aplicação das proporções identificadas na Tabela 4.47. Todavia, como essa informação não é exaustiva e rigorosa, foi ainda considerado um procedimento de verificação das áreas assim quantificadas, tomando como base as áreas culturais associadas às pequenas albufeiras (Serralheiro *et al*, 2010).

Para tal foram considerados os dados de caracterização existentes para as mesmas segundo para a região do Alentejo (ARH-Alentejo, 2010). Sabendo, com base nestes últimos dados, o número de albufeiras existentes por concelho, bem como a respectiva capacidade, foi efectuado um cálculo inverso, de verificação, tendo como referência que as pequenas barragens, de interesse agrícola, são, em geral, projectadas para cerca de 1 a 2 anos de rega. Desse modo, atendendo às necessidades anuais de rega quantificadas e às áreas de regadio privado obtidas, por concelho, nos pontos anteriores (a, b e c), os valores correspondentes às capacidades totais de armazenamento, por concelho, foram considerados: (i) demasiado pequenos, quando inferiores à correspondente necessidade anual de rega por ha (contando já com a eficiência de rega de 0,75 para a aspersão e 0,9 para a localizada); e (ii) demasiado grandes, quando superiores a duas vezes a necessidade anual.

Para os concelhos em que se verificava uma destas situações adoptou-se uma necessidade de rega intermédia (dotação para 1,5 anos), valor pelo qual se corrigiu, em proporção directa, a área regada por albufeiras privadas. Nesses casos foi, ainda, considerado que a eventual área de regadio privado remanescente, por concelho, seria regada por águas subterrâneas.

e) Especificamente para as áreas identificadas, em d), como servidas por captações de água subterrânea, importa efectuar uma última subdivisão, segundo a massa de água subterrânea específica da qual estão dependentes, nomeadamente o sistema aquífero ou, ainda, zona indiferenciada do Maciço Antigo (MAI). Mais uma vez, na ausência de informação georreferenciada, para a distribuição destas áreas foi admitida uma distribuição uniforme das mesmas no seio dos respectivos concelhos. Assim, a subdivisão foi efectuada por proporção directa das áreas dos concelhos que se sobrepõe a cada uma das massas de água subterrânea.

As áreas finais de regadio privado segundo os principais grupos culturais, por tipo de origem de água e por UAG, são apresentadas nas Tabelas 4.48 a 4.50.

Tabela 4.48: Ocupação cultural de regadio privado na UAG 1, por tipo de origem de água (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a, 2010b)

Áreas de regadio privado – UAG 1 (ha)					
Culturas	**Pequenas albufeiras**	**Águas subterrâneas**			**Total**
		MAI	**Elvas-Campo Maior**	**Elvas Vila Boim**	
Milho / cereais primavera	465	775	342	54	**1.636**
Girassol / Oleaginosas	195	325	143	22	**685**
Trigo/ Cereais Inverno	503	838	369	58	**1.768**
Tomate/ Hortícolas Industriais	144	240	106	17	**507**
Tomate/ Hortícolas Frescas	102	170	75	12	**359**
Arroz	16	27	12	2	**56**
Prado Permanente	28	47	21	3	**99**
Olival	577	961	424	67	**2.028**
Pomar (Citrinos)	35	58	25	4	**122**
Pomar (Prunóideas)	25	42	18	3	**88**
Vinha Vinho	15	25	11	2	**52**

Tabela 4.49: Ocupação cultural de regadio privado na UAG 2, por tipo de origem de água (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a, 2010b)

Áreas de regadio privado – UAG 2 (ha)				
Culturas	**Pequenas albufeiras**	**Águas subterrâneas**		**Total**
		MAI	**Estremoz-Cano**	
Milho / cereais primavera	219	361	32	**611**
Girassol / Oleaginosas	60	99	9	**168**
Trigo/ Cereais Inverno	205	339	30	**574**
Tomate/ Hortícolas Industriais	25	41	4	**69**
Tomate/ Hortícolas Frescas	40	67	6	**113**
Arroz	5	8	1	**13**
Prado Permanente	5	8	1	**14**
Olival	71	118	10	**199**
Pomar (Citrinos)	21	35	3	**59**
Pomar (Prunóideas)	109	180	16	**305**
Vinha Vinho	76	125	11	**212**

Tabela 4.50: Ocupação cultural de regadio privado na UAG 3, por tipo de origem de água (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a, 2010b)

Áreas de regadio privado – UAG 3 (ha)			
Culturas	**Pequenas albufeiras**	**Águas subterrâneas (MAI)**	**Total**
Milho / cereais primavera	885	961	**1.846**
Girassol / Oleaginosas	570	618	**1.188**
Trigo/ Cereais Inverno	943	1.024	**1.967**
Tomate/ Hortícolas Industriais	103	112	**215**
Tomate/ Hortícolas Frescas	182	197	**379**
Arroz	0	0	**0**
Prado Permanente	38	41	**79**
Olival	246	267	**513**
Pomar (Citrinos)	73	79	**152**
Pomar (Prunóideas)	59	65	**124**
Vinha Vinho	622	676	**1298**

IV. Avaliação das disponibilidades nas origens de água privadas

Por sua vez, a determinação das disponibilidades foi efectuada de forma diferenciada para cada tipo de origem de água:

a) Águas subterrâneas – Captações no Maciço Antigo Indiferenciado (MAI)

Na área indiferenciada do Maciço Antigo da região em estudo, não é efectuado qualquer tipo de monitorização dos níveis piezométricos[112]. Assim, dado que esta área apresenta características heterogéneas, mas com níveis de produtividade e capacidades de armazenamento tendencialmente fracas (Almeida *et al*, 2000, Chambel *et al*, 2007), foi considerado que, em cada ano, as disponibilidades existentes corresponderão, aproximadamente, à recarga anual.

Assim, uma vez que uma situação de seca induzirá uma diminuição das disponibilidades, reduzindo a recarga, foi considerado que essa afectação poderia ser aproximada pela proporção directa da redução da precipitação anual, face ao normal. Nesse sentido, este tipo de origens será objecto de um procedimento específico para avaliação das disponibilidades, descrito em mais detalhe em 4.5.1.

b) Águas subterrâneas – Captações em sistemas aquíferos

Não existindo uma forma de quantificação directa das disponibilidades existentes em sistemas aquíferos, foi considerada uma avaliação estimativa, assumindo um comportamento similar ao de um reservatório. Para isso, foram consideradas as profundidades das captações existentes na área, que se admitiu como limiar mínimo de exploração do sistema aquífero, e as medições mensais do nível médio da água. A diferença entre o nível da água e a profundidade

[112] Tal como referido em 4.2.

média das captações corresponderá a uma estimativa da altura saturada em cada mês, nesse sistema aquífero, permitindo estimar o volume disponível, de acordo com a porosidade da formação rochosa em causa (Figura 4.42). Tal como no caso das captações no MAI, a avaliação das disponibilidades nestas origens de água será descrita em mais detalhe em 4.5.2.

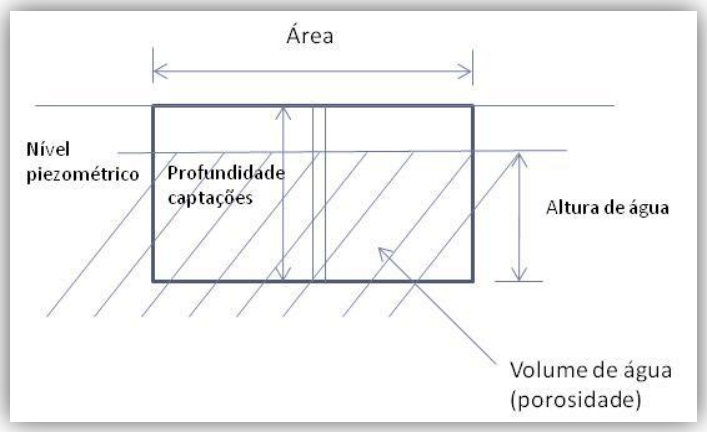


Figura 4.42: Representação esquemática do modelo simplificado considerado para avaliação das disponibilidades em sistemas aquíferos

c) Águas superficiais – pequenas albufeiras

Tal como descrito no ponto III, a determinação das capacidades de armazenamento das albufeiras privadas foi efectuada ao nível do concelho, a partir dos dados de caracterização de albufeiras existentes na bacia do Guadiana (ARH-Alentejo, 2010), onde constam, ainda que com falhas, as características de capacidade e de finalidade das albufeiras identificadas, apesar de apenas ser definida a localização aproximada das mesmas (concelho e freguesia).

Por outro lado, das cerca de 900 albufeiras identificadas para o Alentejo (cerca de metade na bacia do Guadiana) uma parte significativa não apresenta qualquer referência à finalidade associada. Contudo, uma vez que a maioria destas pequenas albufeiras fica situada em explorações agrícolas (como se pode concluir pelo nome do proprietário ou da morada identificada), admitiu-se que as mesmas são destinadas a rega e/ou abeberamento de gado.

Não obstante, no procedimento levado a cabo em III.d foi possível verificar que a capacidade das albufeiras é, em muitos casos, superior a 1 ano de necessidades, o que poderá contribuir para amenizar os efeitos de uma eventual situação de seca. Porém, tal como referido em 4.2, não existe uma monitorização dos volumes disponíveis nas múltiplas albufeiras privadas.

Por outro lado, também não é conhecida a área das respectivas bacias hidrográficas, ou até a localização exacta dessas albufeiras, o que poderia permitir aquela determinação, por cruzamento com um Modelo Digital do Terreno. Assim, não será, possível estimar, com segurança, os volumes que afluirão às albufeiras em função da precipitação ocorrida.

Atendendo a estas condicionantes, considerou-se o seguinte procedimento de avaliação interanual das disponibilidades dessas origens (a descrever em mais detalhe em 4.5.3):

- Em primeiro lugar considera-se que a capacidade máxima das albufeiras é atingida em ano normal, o que corresponde a assumir que o escoamento afluente às mesmas em ano normal será aproximadamente igual às capacidades das albufeiras.

- Em segundo, foi considerado que as afluências em situação de seca poderão ser estimadas através de um modelo de relação precipitação-escoamento por proporção da afectação do escoamento em regime natural, face à situação de referência, para a UAG respectiva. Por fim, as disponibilidades serão dadas pelo balanço do volume armazenado no final do ano anterior, acrescido das afluências determinadas para o ano em análise.

V. Avaliação da produção face às disponibilidades existentes

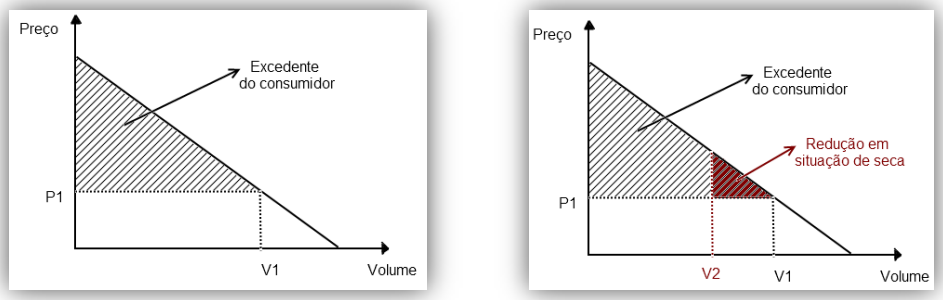
A avaliação da produção de regadio privado é efectuada de forma idêntica ao descrito para o regadio público, assumindo as produções de referência da Tabela 4.44 para as culturas anuais e as funções de produção da Tabela 4.45, para as culturas permanentes.

VI. Determinação do rendimento económico do subsector da agricultura de regadio privado

Também o rendimento do subsector do regadio privado é determinado de forma idêntica ao descrito para o regadio público, nomeadamente assumindo os preços das culturas apontados na Tabela 4.46 para quantificação do rendimento obtido pela produção, no regadio privado, de cada cultura representativa considerada.

4.3.3 Avaliação do sector do abastecimento urbano

Tal como devidamente destacado no ponto 2.2.6 existem diferentes metodologias para valoração económica da utilização da água no abastecimento urbano. De facto, atendendo à multiplicidade de usos associados a este sector, Gibbons (1986) indica que a quantificação do valor económico da água, para o consumidor, deverá preferencialmente ser conseguido por definição de funções da procura, específicas para a região. Estas funções representam o valor que o utilizador individual estaria disposto a pagar pelo consumo de cada unidade adicional de um determinado bem, sendo definidas, de forma específica, atendendo aos preços praticados e às características dos utilizadores da região. A partir de funções deste tipo é seguida, em diversos estudos, uma metodologia específica de avaliação do efeito económico dos impactos de seca no sector do abastecimento urbano (Ward *et al*, 2001; 2006; Jenkins *et al*, 2003; Valiñas, 2006). Para isso é considerada a avaliação do excedente do consumidor (exemplificado na Figura 4.43), isto é, a diferença entre o valor que o utilizador está disposto a pagar por um determinado volume de água (definido pela "curva" da procura) e o valor que efectivamente paga (preço cobrado pela entidade gestora – P1). Este valor constitui o benefício económico para o consumidor de água nos sistemas de abastecimento urbano (Figura 4.43a), uma vez que corresponde ao montante que o mesmo estaria disposto a pagar por esse bem, mas que acaba por ter disponível para outros fins. Assim, segundo este método de avaliação, o impacto, em situação de seca, corresponderá à diferença do valor económico verificado, por redução dos volumes fornecidos (Figura 4.43b).



a) b)

Figura 4.43: Avaliação do excedente do consumidor a partir da função da procura (a) e quantificação do impacto de uma situação de seca no sector do abastecimento urbano (b)

Por outro lado, Howe *et al* (1994) destacam que os utilizadores da água no sector urbano sentem um direito adquirido sobre a disponibilidade de um volume de água abundante e, também, sobre todo o tipo de áreas ajardinadas, espaços verdes e parques públicos, passíveis de serem mantidos nessas condições. Por esse motivo, nesse estudo são aplicados métodos de preferência expressa[113] (inquéritos) para avaliação, junto dos utilizadores de três cidades do estado do Colorado, EUA, (Aurora, Boulder, Longmont), de quanto estariam dispostos a pagar por diferentes níveis de fiabilidade nos sistemas de abastecimento urbano. Metodologia similar foi seguida por Dixon *et al* (1996), Griffin & Mjelde (2000) ou Hensher *et al* (2006), sendo, todavia, importante realçar a diferença de valores obtidos entre estes diferentes estudos. Como exemplo, em Hensher *et al* (2006) é indicado que os utilizadores inquiridos (na cidade de Canberra, Austrália) não estariam dispostos a pagar qualquer valor adicional para evitarem pequenos cortes ou restrições no abastecimento de água, mostrando-se dispostos, em alternativa, a adaptarem os seus hábitos de modo a reduzirem as necessidades de água. As referidas diferenças demonstram como, apesar de ser possível obter uma avaliação mais detalhada e fundada nos utilizadores reais da região, os resultados destes métodos são sempre específicos para essas regiões e situações avaliadas.

Como alternativa, em Raucher *et al* (2006), é apontado que a valoração económica de eventuais falhas nos sistemas de abastecimento urbano poderá ser efectuada pela quantificação dos custos necessários ao aumento da fiabilidade dos mesmos. Constituindo uma aproximação indirecta desse valor, tal corresponde a admitir-se que os consumidores estariam dispostos a pagar um valor igual ou, eventualmente, superior ao custo de adopção dessas medidas para evitar a ocorrência de falhas.

Assim: (i) na falta de estudos específicos para Portugal Continental, de avaliação dos efeitos socioeconómicos de seca no sector do abastecimento urbano e (ii) não se enquadrando no âmbito da presente tese, ou mesmo na fase actual de desenvolvimento do sistema SPGS, a realização de inquéritos específicos (métodos de preferência expressa) para estimativa de quanto os utilizadores estariam dispostos a pagar para evitar cortes ou restrições neste sector, em situações de seca, na região em estudo, foram consideradas, como alternativas para avaliação do valor económico dos impactos de seca, a avaliação da variação do excedente do consumidor, a partir da função da procura, e a quantificação dos custos necessários ao aumento

[113] Ver ponto 2.2.6.

da fiabilidade dos sistemas de abastecimento existentes, entendidos como os custos necessários à colmatação dos volumes em falta devido à situação de seca em causa.

No entanto, para aplicação das alternativas consideradas, será necessário efectuar, previamente, uma caracterização dos sistemas existentes na região em estudo, bem como uma análise do funcionamento dos mesmos, em situação de seca, tomando como exemplo a situação de seca de 2004/05.

4.3.3.1 Caracterização dos sistemas de abastecimento urbano da região em estudo

Na região em estudo o sector do abastecimento urbano depende de volumes captados em albufeiras públicas, mas também, de importantes captações em massas de água subterrâneas, tanto nos principais sistemas aquíferos, como na área indiferenciada do Maciço Antigo (MAI)[114]. Considerando um sistema de abastecimento definido pelo percurso da água desde a origem até ao utilizador final (captação, adução e distribuição), torna-se necessário avaliar a flexibilidade de gestão dos sistemas, i.e., a possibilidade de um dado aglomerado populacional ser servido por mais do que uma origem, nomeadamente por existência de ligações (condutas adutoras) entre sistemas e/ou origens de água.

No entanto, houve um importante investimento, desde 2005, na construção de novas infra-estruturas, neste sector, na região do Guadiana (INAG, 2009), bem como na constituição dos principais sistemas multimunicipais existentes actualmente, em especial na região em estudo (ADNA, 2010; ADCA, 2010). Como tal, pretendendo-se avaliar a situação do abastecimento urbano num período compatível com os dados disponíveis para o sector agrícola (de 1997/98 a 2008/09), torna-se necessário conhecer a evolução verificada nestes sistemas de abastecimento, nesse período. Assim, foi efectuada uma análise da informação georreferenciada do Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e Águas Residuais (INSAAR), com a localização das principais captações, condutas adutoras e redes de distribuição, para os anos de 2002 (primeira campanha com divulgação pública de resultados) e de 2008 (dados mais actualizados à data de entrega da presente tese) (INAG, 2004; 2009). A partir desses dados foi possível verificar a existência de sistemas designados por autónomos, ou seja, apenas dependentes de um tipo de origem de água (albufeira, sistema aquífero ou MAI), bem como de outros sistemas, designados integrados, servidos por diferentes tipos de origens, interligadas às redes de distribuição por condutas adutoras.

Como ponto de partida, é efectuada uma caracterização dos sistemas existentes nas UAG 1, 2 e 3, segundo os diferentes concelhos, referente ao ano de 2002, sendo representada nas Figuras 4.44 a 4.46.

[114] Tal como apontado em 3.4.2.

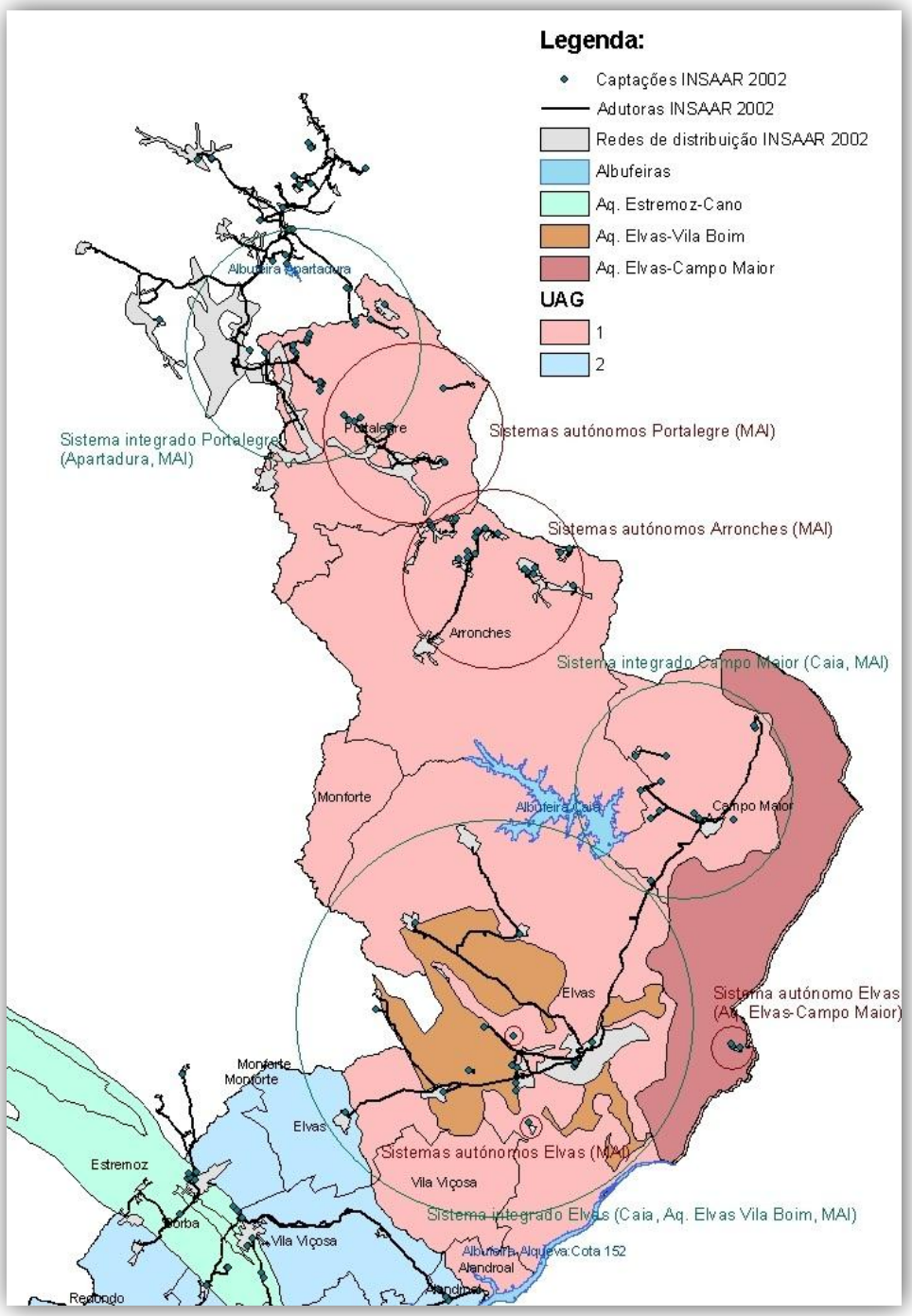


Figura 4.44: Análise dos sistemas de abastecimento urbano existentes na UAG 1, no ano de 2002 (adaptado de INAG, 2004).

Tal como se pode verificar pela Figura 4.44, na UAG1, no concelho de Portalegre, existiam, em 2002, sistemas autónomos dependentes do MAI, além de um sistema integrado, dependente de captações no MAI e da albufeira da Apartadura. Por sua vez, no concelho de Arronches apenas existiam sistemas autónomos, dependentes de captações no MAI e, no concelho de Campo Maior, um único sistema integrado, dependente da albufeira do Caia e de

algumas captações no MAI. Por fim, no concelho de Elvas, existia um sistema integrado principal, com captações no MAI, no sistema aquífero Elvas-Vila Boim e, ainda, servido pela albufeira do Caia, bem como dois sistemas autónomos dependentes de captações no MAI e um terceiro sistema autónomo, dependente apenas, de captações no aquífero Elvas-Campo Maior.

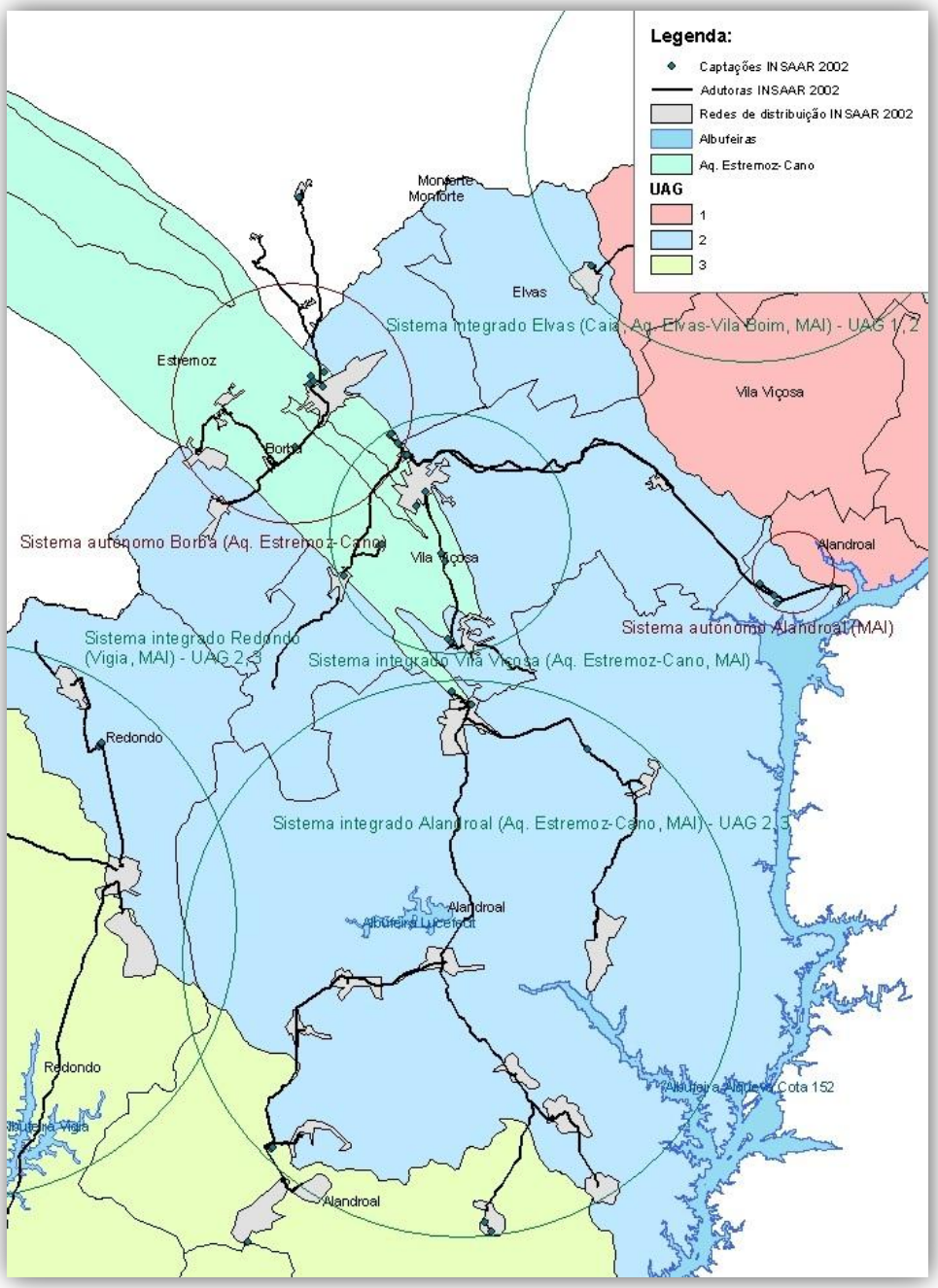


Figura 4.45: Análise dos sistemas de abastecimento urbano existentes na UAG 2, no ano de 2002 (adaptado de INAG, 2004).

Na Figura 4.45 verifica-se que, na UAG 2, existia ainda um pequeno sistema no concelho de Elvas, com captações no MAI, mas que se encontra interligado ao sistema integrado

da UAG 1, servido pela albufeira do Caia e por captações no aquífero Elvas-Vila Boim e no MAI. Por outro lado, na UAG 2, o aquífero Estremoz-Cano representava a principal origem de água, servindo o sistema autónomo do concelho de Borba, bem como o sistema integrado de Vila Viçosa (com algumas captações complementares no MAI), e o sistema integrado do Alandroal, partilhado com uma parte da UAG 3 (também com algumas captações complementares no MAI). Refira-se ainda que, no concelho do Alandroal, na UAG 2, existia um sistema autónomo, dependente apenas, de captações no MAI. No concelho do Redondo existia um sistema integrado (dependente da albufeira da Vigia e de captações no MAI), partilhado com a UAG 3.

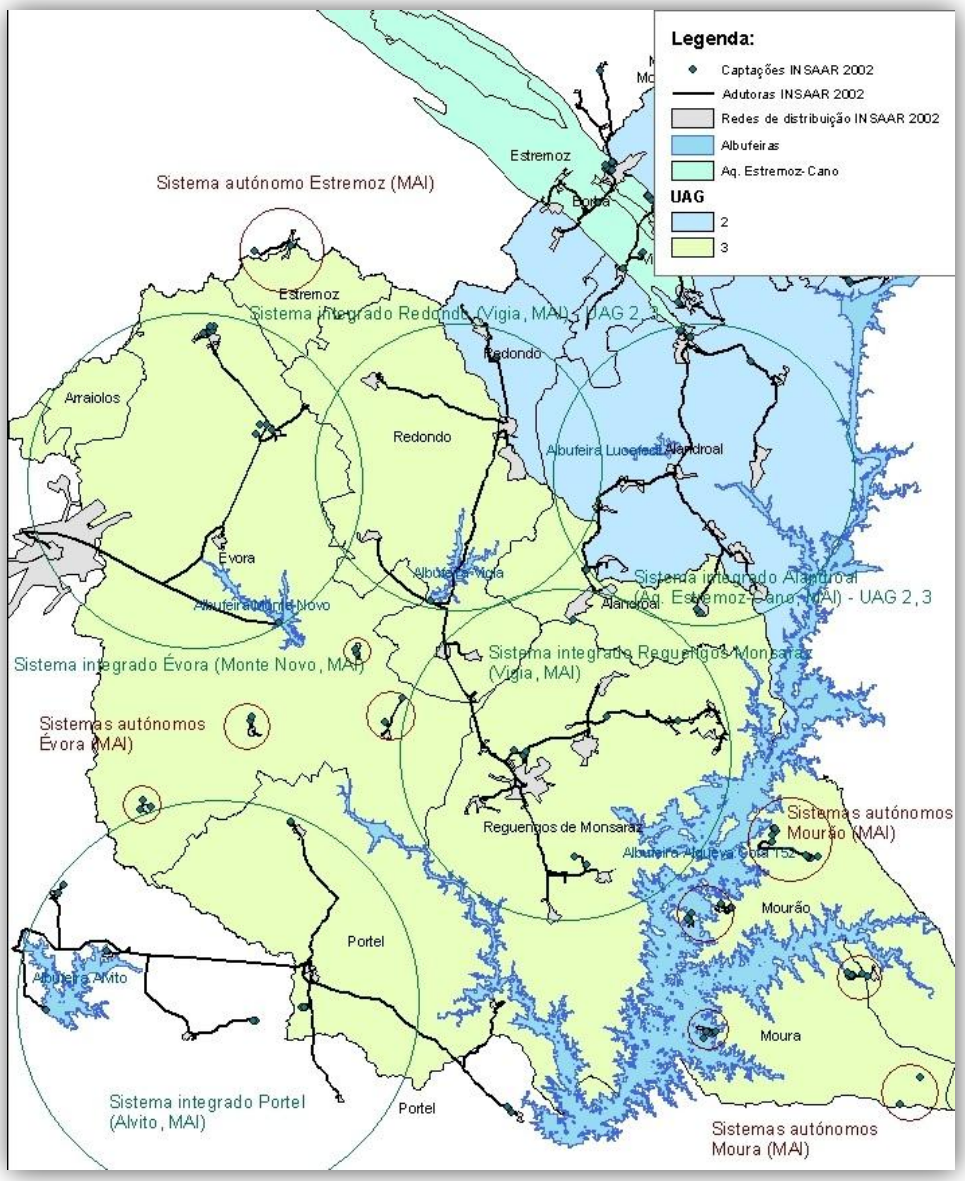
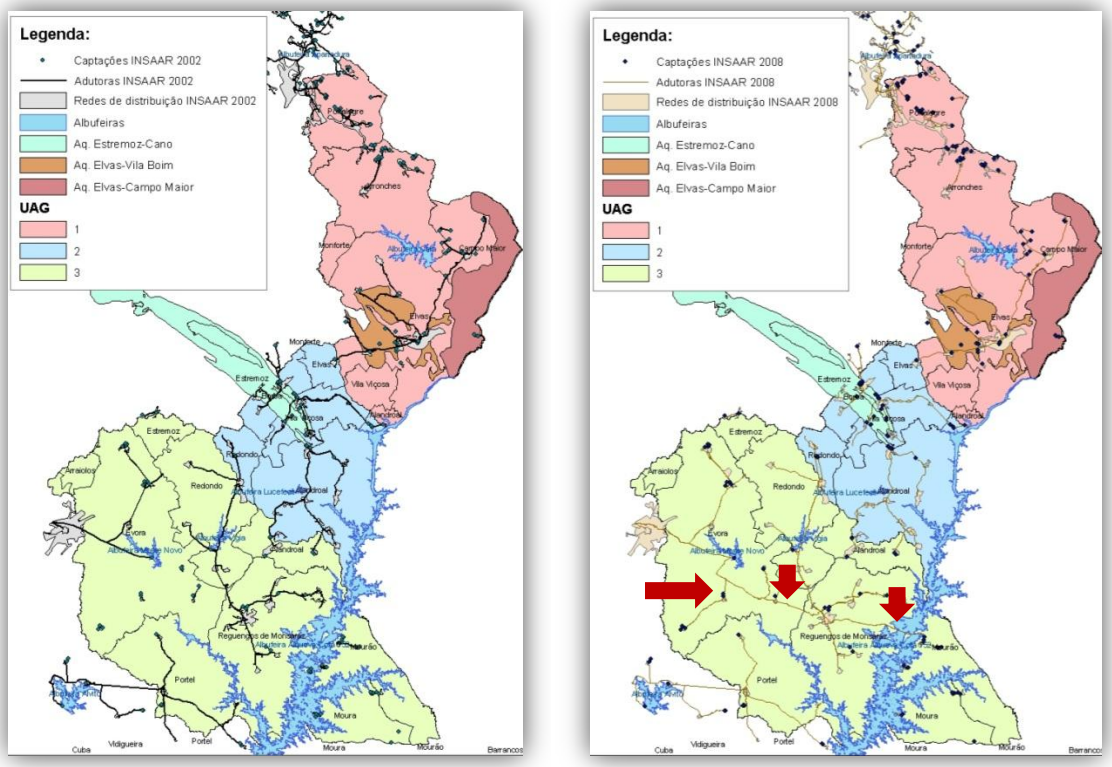


Figura 4.46: Análise dos sistemas de abastecimento urbano existentes na UAG 3, no ano de 2002 (adaptado de INAG, 2004).

Tendo uma área superior às anteriores UAG, verifica-se, pela Figura 4.46, que, na UAG 3, em 2002, existia um maior número de sistemas de abastecimento. Assim, no concelho de

Redondo existia um sistema integrado, servido, essencialmente, pela albufeira da Vigia, mas complementado com captações no MAI, situadas na UAG 2. Também partilhado com a UAG 2, no concelho do Alandroal, existia um sistema integrado, cujas captações, no MAI, são complementadas com volumes do sistema aquífero Estremoz-Cano (UAG 2). Ainda no que toca a sistemas integrados, verifica-se que o concelho de Reguengos de Monsaraz era servido por captações no MAI e pela albufeira da Vigia, enquanto no concelho de Évora (na UAG 3) existia um sistema abastecido pela albufeira de Monte Novo e por captações no MAI. Por fim, o concelho de Portel, na UAG 3, era abastecido por um sistema integrado servido pela albufeira de Alvito, no Sado e, também, por captações no MAI. Além destes sistemas, verifica-se que, em 2002, ainda existiam alguns sistemas autónomos na UAG 3, todos eles dependentes de captações no MAI, nomeadamente nos concelhos de Estremoz, Évora, Mourão e Moura.

Refira-se, no entanto, que a avaliação da definição da configuração dos sistemas, permitiu, igualmente, detectar as alterações verificadas, nestes sistemas, entre os anos de 2002 e 2008. Dessa análise foi possível confirmar que, à excepção de variações nos volumes captados nas origens, em termos de configuração dos sistemas (por exemplo, alteração das origens de água, ou do número de origens de água), as principais alterações são registadas na UAG 3, tal como devidamente salientado na Figura 4.47.



a) INSAAR – ano 2002 b) INSAAR – ano 2008

Figura 4.47: Alterações nos sistemas de abastecimento de água da UAG 3 (ligações a Monte Novo de Évora, Reguengos de Monsaraz e Mourão) entre os anos de 2002 e 2008 (adaptado de INAG, 2004; 2009)

Pela Figura 4.47 é possível verificar a construção de uma ligação, da albufeira de Monte Novo a vários sistemas que, em 2002, eram sistemas autónomos, nomeadamente no concelho

de Évora e de Mourão. Essa albufeira passou, igualmente, a fornecer água para o concelho de Reguengos de Monsaraz, constituindo uma origem de água alternativa, nesse concelho, às captações no MAI e à albufeira da Vigia. Nessa alteração, verifica-se que os sistemas autónomos de Évora, bem como um dos sistemas autónomos de Mourão deixam de existir, dando lugar a um sistema integrado nos concelhos de Évora, Reguengos de Monsaraz e Mourão. Esse sistema passa, assim, a ser servido pelas albufeiras de Monte Novo e da Vigia, e ainda por captações complementares no MAI.

Essas mesmas alterações surgem reflectidas nos volumes captados nas diferentes origens de água para satisfazer os consumos de abastecimento urbano da região em estudo (Tabela 4.51). Esses valores, que se assumem como correspondentes às necessidades para abastecimento urbano, tiveram por base uma análise das captações existentes nos sistemas de abastecimento identificados, sendo sistematizadas por UAG e respectiva subdivisão por concelho e ainda, dentro destes, atendendo à origem de água que os fornece. Os valores apresentados na Tabela 4.51 tomam, então, por base os dados do INSAAR, referentes aos anos de 2002 e 2008 (INAG 2004, 2009). No Anexo 10 são sistematizados os dados referentes às diferentes captações existentes em cada concelho, por UAG, para as diversas campanhas do INSAAR verificadas até ao momento, referentes aos anos de 2002, 2005, 2006, 2007 e 2008 (INAG, 2004; 2006a; 2007a; 2008a; 2009).

Refira-se ainda que, no caso das albufeiras públicas, os volumes quantificados no INSAAR correspondem aos volumes totais extraídos das mesmas, pelo que, quando estas servem mais do que um concelho, inclusive áreas fora das UAG, a subdivisão desses valores de volumes totais, em volumes afectos às necessidades de cada um dos concelhos servidos, foi feita atendendo à proporção de população servida (quantificada, no INSAAR, de forma específica para cada concelho servido pela mesma origem), bem como à proporção de área do concelho, no seio da UAG em causa. Os valores apresentados na Tabela 4.51 correspondem já aos valores finais após esse procedimento.

Tabela 4.51: Necessidades de abastecimento urbano, por UAG, por concelho e atendendo às origens de água a que estão associadas – dados referentes aos anos de 2002 e 2008 (adaptado de INSAAR 2004; 2009) [115]

Dados INSAAR	Concelho	% Área na UAG	Consumos de água (hm³/ ano)																		Volumes totais (hm³/ano)	
			Ág. Sup. (alb)										Ág. Sub.									
			Alb. Apartadura		Alb. Caia		Alb. Vigia		Mte. Novo		Alvito (Sado)		Aq. * E-CM		Aq. ** E-VB		Aq.*** E-C		MAI			
			2002	2008	2002	2008	2002	2008	2002	2008	2002	2008	2002	2008	2002	2008	2002	2008	2002	2008	2002	2008
UAG 1	Portalegre	41	0,432	0,883															0,308	0,166	0,740	1,049
	Arronches	94																	0,209	0,159	0,209	0,159
	Campo Maior	100			0,869	0,866													0,829	0,048	1,698	0,914
	Elvas	81			1,663	1,657							0,004	0,004	0,275	0,224			0,278	0,190	2,220	2,075
UAG 2	Elvas	7																	0,046	0,037	0,046	0,037
	Borba	61,3															0,910	0,664			0,910	0,664
	Vila Viçosa	68															0,524	0,518			0,524	0,518
	Alandroal	76															0,576	0,526	0,009	0,010	0,585	0,536
	Redondo	17																	0,019	0,016	0,019	0,016
UAG 3	Estremoz	10																	0,005	0,015	0,005	0,015
	Redondo	81,9					0,649	0,218													0,649	0,218
	Alandroal	24																	0,022	0,006	0,022	0,006
	Évora	52							2,202	2,334									0,380	0,159	2,582	2,493
	Reg. Monsaraz	100					1,014	0,341		1,023									0,015	0,831	1,029	2,195
	Mourão	87								0,170									0,556	0,275	0,556	0,445
	Portel	53									0,258	0,326							0,178	0,216	0,436	0,542
	Moura	17																	0,009	0,008	0,009	0,008
Total (hm3/ ano)			0,432	0,883	2,532	2,523	1,663	0,559	2,202	3,527	0,258	0,326	0,004	0,004	0,275	0,224	2,010	1,708	2,863	2,136	**12,238**	**11,890**

[115] Apesar de apresentadas na Tabela 4.51, as origens de água albufeira da Apartadura, localizada na bacia do Tejo e albufeira do Alvito, localizada na bacia do Sado, não foram avaliadas na presente tese, para simplificação da análise efectuada. Além de estarem situadas fora da região em estudo, os consumos associados são pouco significativos face às capacidades das albufeiras em questão (7 hm³ – Apartadura; 130 hm³ – Alvito) e não foi verificado o esvaziamento dessas albufeiras nos últimos 20 anos (SNIRH, 2010). Não obstante, as mesmas serão consideradas no desenvolvimento do sistema SPGS.

Por análise da Tabela 4.51, é possível constatar que as principais diferenças entre os valores de necessidades de água associadas às diferentes origens, referentes ao ano de 2002 e, os correspondentes, referentes aos anos de 2008, são verificadas nos concelhos de Portalegre, Borba, Redondo, Reguengos e Mourão.

No caso de Portalegre, na UAG 1, verifica-se um aumento do fornecimento de água a partir da albufeira da Apartadura, na bacia do Tejo, e uma redução da dependência das captações no MAI, apontando uma tendência de maior utilização de volumes provenientes de origens de água superficiais.

Na UAG 2, em Borba, não existe, porém, uma razão aparente para a redução verificada, já que esse concelho não sofreu alterações na ligação a outras origens, como se pode verificar pela Figura 4.47 e respectivas tabelas de caracterização no Anexo 10. Como tal, a redução em causa poderá ter sido devida a uma eventual melhoria da eficiência dos sistemas.

Por sua vez, os concelhos de Reguengos de Monsaraz e Mourão, na UAG 3, passaram a ser abastecidos por Monte Novo, levando a um aumento dos volumes captados nessa albufeira. Ainda na UAG 3, a redução verificada no concelho de Redondo deve-se à alteração significativa dos volumes totais captados na albufeira da Vigia, provavelmente por redução dos volumes destinados ao concelho de Reguengos de Monsaraz. Porém, como a proporção assumida para subdivisão dos volumes captados na albufeira da Vigia, é feita de acordo com a proporção de população servida, como referido anteriormente, o valor respeitante ao concelho do Redondo, para 2008, é significativamente reduzido. De facto, a albufeira de Monte Novo apenas começou a servir Reguengos e Mourão nesse ano (tal como descrito nas tabelas de caracterização no Anexo 10), pelo que os valores apresentados para esses concelhos poderão não reflectir a distribuição real dos volumes captados. No entanto, uma vez que estes concelhos (Redondo, Reguengos, Évora e Mourão) se encontram, em 2008, integrados num só sistema e são pertencentes à mesma UAG (UAG 3), os valores de consumos serão avaliados de forma global, por origem, e por UAG, segundo um procedimento que se irá descrever em seguida. Poderá considerar-se, nesta fase, que estes valores constituem uma aproximação razoável, devendo, ainda assim, ser apontada a necessidade de potencial revisão parcelar dos mesmos, em desenvolvimentos futuros, aquando da divulgação dos dados do INSAAR referentes ao ano de 2009. Refira-se ainda que, durante o ano de 2009, foi concluída a ligação do sistema EFMA à albufeira de Monte Novo (EDIA, 2010a), sendo possível efectuar, actualmente, a partir de Alqueva, um reforço dos volumes para abastecimento urbano de 7,5 hm^3/ ano (EDIA, 2010).

Assim, para as UAG 1 e 2, será adoptada, para o período de avaliação considerado (1997/98 a 2008/09), a configuração dos sistemas apresentada nas Figuras 4.44 e 4.45, que corresponde, genericamente, à descrita para os sistemas de abastecimento existentes nessas áreas, no ano de 2002. Por outro lado, na UAG 3, será considerado que a configuração apresentada na Figura 4.46, referente a 2002, é característica dos sistemas de abastecimento existentes entre 1997/98 e 2006/07, inclusive. A alteração descrita anteriormente e representada na Figura 4.47 b), correspondente à ligação, em 2008, da albufeira de Monte Novo, a vários sistemas da UAG 3 que eram servidos por outras origens, irá ser considerada na configuração dos sistemas de abastecimento representativa dos anos de 2007/08 e 2008/09.

Resultado da análise efectuada, com base nos dados sistematizados no Anexo 10, a caracterização da evolução dos volumes de água associados aos diferentes sistemas existentes (autónomos – S.A. e integrados – S.I.), de acordo com as diferentes campanhas do INSAAR, referentes aos anos de 2002, 2005, 2006, 2007 e 2008 (INAG, 2004; 2006; 2007; 2008; 2009) é feita, para cada UAG, nas Tabelas 4.52 a 4.54, segundo a respectiva subdivisão em concelhos e de acordo com as origens de água a que cada sistema está associado.

Tabela 4.52: Caracterização da evolução das necessidades para abastecimento urbano associadas aos diferentes sistemas existentes na UAG 1, segundo dados do INSAAR.

UAG 1							
Concelho	**Origem**	**Sistema**	**Dados INSAAR (hm3/ ano)**				
			2002	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
Portalegre	Apartadura (Tejo)	S.I. (Apartadura, MAI)	0,43	0,68	0,77	0,83	0,88
	MAI	S.I. (Apartadura, MAI)	0,20	0,41	0,34	0,00	0,00
		S.A. (MAI)	0,11	0,25	0,10	0,18	0,16
	Total (hm3/ ano)		**0,74**	**1,34**	**1,21**	**1,01**	**1,05**
Arronches	MAI	S.A. (MAI)	0,21	0,21	0,21	0,15	0,16
	Total (hm3/ ano)		**0,21**	**0,21**	**0,21**	**0,15**	**0,16**
Campo Maior	Caia	S.I. (Caia, MAI)	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	MAI	S.I. (Caia, MAI)	0,83	0,83	0,26	0,25	0,05
	Total (hm3/ ano)		**1,70**	**1,70**	**1,13**	**1,12**	**0,91**
Elvas	Caia	S.I. (Caia, Aq. E-VB, MAI)	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
	Aq. Elvas-Vila Boim	S.I. (Caia, Aq. E-VB, MAI)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,23
		S.A. (Aq. E-VB)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	MAI	S.I. (Caia, Aq. E-VB, MAI)	0,27	0,27	0,27	0,23	0,19
		S.A. (MAI)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,015
	Aq. Elvas-Campo Maior	S.A. (Aq. E-CM)	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
	Total (hm3/ ano)		**2,22**	**2,22**	**2,22**	**2,17**	**2,08**

Tabela 4.53: Caracterização da evolução das necessidades para abastecimento urbano associadas aos diferentes sistemas existentes na UAG 2, segundo dados do INSAAR.

UAG 2							
Concelho	**Origem**	**Sistema**	**Dados INSAAR (hm3/ ano)**				
			2002	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
Elvas	MAI	S.I. (Caia, Aq. E-VB, MAI)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
	Total (hm3/ ano)		**0,05**	**0,05**	**0,05**	**0,05**	**0,04**
Borba	Aq. Estremoz-Cano	S.A. (Aq. E-C)	0,91	0,78	0,40	0,40	0,66
	Total (hm3/ ano)		**0,91**	**0,78**	**0,40**	**0,40**	**0,66**
Vila Viçosa	Aq. Estremoz-Cano	S.I. (Aq. E-C, MAI)	0,52	0,00	0,98	0,34	0,52
	MAI	S.I. (Aq. E-C, MAI)	s/d	s/d	s/d	0,00	s/d
	Total (hm3/ ano)		**0,52**	**0,00**	**0,98**	**0,34**	**0,52**
Alandroal	Aq. Estremoz-Cano	S.I. (Aq. E-C, MAI)	0,58	0,92	0,54	0,59	0,53
	MAI	S.A. (MAI)	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01
	Total (hm3/ ano)		**0,58**	**0,97**	**0,55**	**0,60**	**0,54**
Redondo	MAI	S.I. (Vigia, MAI)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Total (hm3/ ano)		**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,02**	**0,02**

Tabela 4.54: Caracterização da evolução dos consumos para abastecimento urbano associados aos diferentes sistemas existentes na UAG 3, segundo dados do INSAAR.

Concelho	Origem	Sistema	Dados INSAAR (hm3/ ano)				
			2002	2005	2006	2007	2008
Redondo	Vigia	S.I. (Vigia, MAI)	0,65	0,30	0,12	0,53	0,22
	Total (hm3/ ano)		**0,65**	**0,30**	**0,12**	**0,53**	**0,22**
Estremoz	MAI	S.A. (MAI)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
	Total (hm3/ ano)		**0,01**	**0,01**	**0,01**	**0,01**	**0,02**
Alandroal	MAI	S.I. (Aq. E-C, MAI)	0,02	0,00	0,02	0,02	0,01
	Total (hm3/ ano)		**0,02**	**0,00**	**0,02**	**0,02**	**0,01**
Évora	Monte Novo	S.I. (Monte Novo, MAI)	2,20	2,20	2,10	2,20	2,33
	MAI	S.I. (Monte Novo, MAI)	0,22	0,10	0,08	0,09	0,16
		S.A. (MAI)	0,16	0,15	0,13	0,16	-
	Total (hm3/ ano)		**2,58**	**2,45**	**2,31**	**2,45**	**2,49**
Reg. Monsaraz	Vigia	S.I. (Vigia, MAI)	1,01	0,47	0,19	0,84	0,34
	MAI	S.I. (Vigia, MAI)	0,01	0,13	s/d	s/d	0,83
	Monte Novo	S.I. (Monte Novo, MAI)	-	-	-	-	1,02
	Total (hm3/ ano)		**1,03**	**0,60**	**0,19**	**0,84**	**2,20**
Mourão	MAI	S.A. (MAI)	0,56	0,58	0,51	0,41	0,07
		S.I. (Monte Novo, MAI)	-	-	-	-	0,21
	Monte Novo	S.I. (Monte Novo, MAI)	-	-	-	-	0,17
	Total (hm3/ ano)		**0,56**	**0,58**	**0,51**	**0,41**	**0,45**
Moura	MAI	S.A. (MAI)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Total (hm3/ ano)		**0,01**	**0,01**	**0,01**	**0,01**	**0,01**
Portel	Alvito (Sado)	S.I. (Alvito, MAI)	0,26	0,30	0,08	0,28	0,33
	MAI	S.I. (Alvito, MAI)	0,18	0,12	s/d	0,30	0,22
	Total (hm3/ ano)		**0,44**	**0,42**	**0,08**	**0,58**	**0,54**

4.3.3.2 Impacto da seca de 2004/05 nos sistemas de abastecimento urbano

Em Portugal, o sector do abastecimento urbano conta com prioridade legal, face às demais utilizações, estabelecida pela actual Lei da Água (Lei 58/2005 de 29 de Dezembro - ponto 1 do Artº 64). Contudo, esta prioridade não isenta o sector do abastecimento urbano da possibilidade de ocorrência de cortes ou limitações na satisfação das necessidades existentes. De facto, apesar de ser possível a requisição de utilização de água, para este sector, a partir de origens destinadas a outros sectores, ou mesmo a origens de iniciativa e exploração privadas, a ocorrência desse cenário será mais provável em situações extremas, uma vez que a utilização de origens não integradas nos sistemas de abastecimento construídos na região implica custos elevados de exploração, transporte e, até, eventualmente, de níveis de tratamento mais dispendiosos. Por este motivo, na gestão operacional de sistemas de abastecimento urbano em situação de seca, pode considerar-se que a prioridade legal toma efeitos práticos, salvo raras excepções, quando se verificam, em simultâneo, as seguintes condições:

- A origem é comum a outros fins (por exemplo agricultura);
- A gestão dessa origem pode ser regulada (por exemplo albufeiras públicas);

- Não existem origens alternativas, nos sistemas de abastecimento, com disponibilidade para satisfazer as necessidades existentes.

De facto, essa prioridade legal acaba por ser mais comum em sistemas dependentes de albufeiras públicas, onde, no decorrer de uma determinada situação de seca, será, em primeiro lugar, garantida a quantidade de água para satisfação das necessidades do sector do abastecimento urbano e, apenas do volume restante, a existir, será efectuada uma alocação das disponibilidades para outros sectores utilizadores. Essa prioridade poderá conduzir, obviamente a restrições nos demais sectores utilizadores, em especial no sector agrícola (nas áreas de regadio público, dependentes de albufeiras de fins múltiplos), como ocorreu na situação de seca de 2004/05, salientando-se, na região em estudo, o verificado na albufeira da Vigia (CPS, 2005).

Em relação a essa situação de seca, verifica-se que ocorreram impactos significativos nos sistemas de abastecimento urbano, na região em estudo e, de uma forma global, para toda a região hidrográfica do Guadiana, tal como descrito e detalhado em 3.3.6. De facto, analisando as Tabelas 3.18 e 3.19, bem como a Figura 3.26, é possível verificar a ocorrência de impactos e/ou a adopção de medidas preventivas ou mitigadoras em todos os concelhos dessa região hidrográfica. Por esse motivo, foi efectuada uma análise específica dos dados do INSAAR, referentes ao ano de 2005 (INAG, 2006a). Para maior facilidade de análise, os dados de consumos são sistematizados na Tabela 4.55, num formato idêntico ao da Tabela 4.51, i.e., para cada UAG, é feita uma subdivisão por concelho e origem de água.

Tabela 4.55: Necessidades para abastecimento urbano, por UAG e respectiva subdivisão por concelho, associadas às diferentes origens de água – dados referentes ao ano de 2005 (adaptado de INSAAR 2006a)

INSAAR 2005	Concelho	% Área de concelho na UAG	Consumos de água (hm³/ ano)									Volumes totais (hm³/ano)
			Ág. Sup. (alb)					Ág. Sub.				
			Apartad. (Tejo)	Caia	Vigia	Monte Novo	Alvito (Sado)	Aq. E-CM	Aq. E-VB	Aq. E-C	MAI	
UAG 1	Portalegre	41	0,681								0,661	1,343
	Arronches	94									0,211	0,211
	Campo Maior	100		0,869							0,829	1,698
	Elvas	81		1,663				0,004	0,275		0,278	2,220
UAG 2	Elvas	7									0,046	0,046
	Borba	61,3								0,781		0,781
	Vila Viçosa	68								0,004		0,004
	Alandroal	76								0,924	0,048	0,972
	Redondo	17									0,019	0,019
UAG 3	Estremoz	10									0,005	0,005
	Redondo	81,9			0,301							0,301
	Alandroal	24									0,002	0,002
	Évora	52				2,202					0,249	2,450
	Reg. Monsaraz	100			0,470						0,130	0,600
	Mourão	87									0,580	0,580
	Portel	53					0,301				0,118	0,419
	Moura	17									0,006	0,006
Total			0,681	2,532	0,771	2,202	0,301	0,004	0,275	1,709	3,182	**11,657**

Comparando os dados da Tabela 4.55, com os dados correspondentes da Tabela 4.51, respeitantes ao ano de 2002, verifica-se, desde logo, que as principais diferenças de consumos de água estão associadas às seguintes origens de água: albufeira da Apartadura (UAG 1), aquífero Estremoz-Cano (UAG 2), albufeiras da Vigia e do Alvito (UAG 3) e ainda às captações no MAI (de uma forma global em todas as UAG). Ainda que tenha por base as Tabelas 4.55 e 4.52, a análise dessas diferenças é efectuada de forma mais detalhada em seguida, por UAG e concelho. Sempre que necessário será, ainda, efectuada uma análise específica segundo a configuração dos sistemas (idêntica à de 2002), por recurso às Tabelas 4.52 a 4.54, ou mesmo à informação sistematizada no Anexo 10, referente às captações inventariadas na região em estudo nos anos de 2002 e 2005, segundo os dados do INSAAR (INAG, 2004; 2006). Por fim, será efectuada uma avaliação comparativa das alterações detectadas nesses volumes, com o registo de impactos reais verificados, neste sector, durante a situação de seca de 2004/05, (destacados no ponto 3.3.6 e sistematizados, por concelho, no Anexo 1).

UAG 1

Por análise dos volumes associados à albufeira da Apartadura, para o concelho de Portalegre, nos anos 2002 e 2005 (Tabelas 4.51 e 4.55), verifica-se um aumento dos mesmos, não tendo sido possível apurar, todavia, se tal se deveu a uma necessidade de colmatação, no sistema integrado desse concelho (Figura 4.44), de necessidades adicionais, ou do alargamento do sistema, a outras zonas fora da região em estudo, uma vez que o valor captado, nesse sistema, a partir do MAI, também aumenta em 2005 (Tabela 4.52). Por outro lado, ainda no concelho de Portalegre, mas nos sistemas autónomos (dependentes do MAI), verifica-se um aumento do volume global, em 2005, face aos consumos de água de 2002, devido à utilização de furos de recurso (também no MAI) (Tabela 4.52).

Por outro lado, ainda na UAG 1, verifica-se que os volumes associados a captações no MAI, para o ano de 2005, nos concelhos de Arronches, Campo Maior e Elvas, são idênticos aos quantificados para 2002. Verifica-se, porém, por análise dos dados do Anexo 10, relativos a esses concelhos, que os volumes em causa foram estimados, na falta do preenchimento de dados, em 2005, por parte das entidades gestoras respectivas (INAG, 2006a). Como tal, não é possível identificar a ocorrência de eventuais alterações nos volumes captados nesses concelhos. Não obstante, relembrando os impactos identificados em 3.3.6 e sistematizados, por concelho, no Anexo 1, verifica-se que os concelhos de Portalegre, Arronches e Elvas apresentaram indicação de impactos (baixos níveis de águas subterrâneas) e ainda a adopção de medidas de nível 3 (incluindo a reactivação de furos antigos em Portalegre e a activação de furos em Elvas) e de nível 4 (incluindo a execução de novos furos em Arronches). Refira-se que esses concelhos coincidem com aqueles, da UAG 1, onde existem sistemas autónomos, mais vulneráveis e dependentes, em exclusivo, de captações do MAI.

UAG 2

Na UAG 2, por sua vez, verifica-se (Tabela 4.53), que as captações no MAI em Elvas (integradas num sistema partilhado com a UAG 1), e no concelho do Redondo (também

integradas num sistema partilhado, mas com a UAG 3) (Figura 4.45), mantêm, em 2005, os valores de volumes captados em 2002. Porém, verifica-se, mais uma vez, que correspondem a valores estimados (Anexo 10), por falta de preenchimento de dados, no INSAAR de 2005, pelas entidades gestoras respectivas. Por esse motivo, não podem ser retiradas conclusões em relação aos volumes captados, em 2005, nestes concelhos.

Por análise similar, no concelho do Alandroal, verifica-se um aumento dos volumes captados na UAG 2, em 2005 (Tabelas 4.51 e 4.55), tanto ao nível dos volumes captados no MAI (sistemas autónomos), como das captações no aquífero Estremoz-Cano (sistema integrado, partilhado com a UAG 3). Porém é possível verificar que os valores de volumes captados são todos fornecidos pela entidade gestora (Anexo 10) e, ainda, que foram utilizados furos de recurso nos dois tipos de sistemas, dependentes das mesmas origens de água (i.e. MAI e aquífero Estremoz-Cano, respectivamente). Verifica-se, ainda (Anexo 10), que existe nesse concelho, em 2005, um maior número de furos em exploração (contando-se apenas os furos com volumes captados referenciados), face a 2002.

Ainda na UAG 2, no concelho de Borba, verifica-se um decréscimo de consumos em 2005 (valores entidade – Anexo 10), correspondentes ao sistema autónomo existente (Tabela 4.53), dependente de captações no aquífero Estremoz-Cano. Porém, não foi possível apurar se tal se deveu a uma melhoria da eficiência dos sistemas (dado que o decréscimo se manteve nos anos subsequentes – Anexo 10) ou à limitação dos volumes existentes nesse sistema aquífero.

Por fim, no concelho de Vila Viçosa, o sistema integrado - dependente de captações no Estremoz-Cano e com alguns furos de recurso no MAI (Tabela 4.53) -, apresenta valores muito reduzidos para os volumes captados do sistema Estremoz-Cano no ano de 2005, verificando-se (Anexo 10) que são indicados os volumes correspondentes a, apenas, 2 captações, e, com a agravante de se tratarem de valores estimados. Também neste caso, não foi possível apurar a causa subjacente a essa redução, nomeadamente se esses valores correspondem a uma limitação por redução dos níveis de água do Estremoz-Cano, ou à falta de preenchimento de dados, por parte da entidade gestora respectiva, no INSAAR referente ao ano de 2005.

Em todos estes concelhos verificou-se, porém, a ocorrência de impactos (ponto 3.3.6 e Anexo 1), em especial, devido aos baixos níveis de águas subterrâneas e esgotamento de furos, bem como a adopção de medidas de mitigação, nos concelhos de Borba (incluindo o encerramento de fontanários e de piscinas municipais – nível 3), Vila Viçosa (incluindo a reactivação de furos antigos – nível 3) e Alandroal (incluindo a reactivação de furos antigos – nível 3 e a execução de novos furos e o abastecimento por autotanque – nível 4).

Face a este conjunto de informações, foi considerado, na presente tese, que, as captações dependentes do sistema aquífero Estremo-Cano, para os sistemas de abastecimento urbano, terão sofrido algumas limitações devido ao abaixamento dos níveis piezométricos e à reduzida profundidade apontada para as mesmas (questões devidamente salientadas no ponto 4.2.4 e que serão, novamente, aprofundadas no ponto 4.5.2). Porém, não tendo sido possível confirmar esta questão, em tempo útil, sugere-se um esclarecimento futuro da mesma, junto das entidades gestoras da região, em desenvolvimentos futuros, incluindo uma avaliação das profundidades das captações existentes para abastecimento urbano nessa massa aquífera.

UAG 3

Analisando, por fim, a UAG 3, refira-se que a configuração dos sistemas, nesta área, em 2005, corresponde, de forma genérica, à apresentada para o ano de 2002 (Figura 4.46). Assim, no caso do concelho do Redondo, é possível verificar, por análise das Tabelas 4.51 e 4.55, uma redução dos consumos dependentes da albufeira da Vigia. Os baixos volumes disponíveis nessa albufeira, nesse ano, referenciados em 4.2.3, e confirmados, para o abastecimento urbano no registo de impactos reais (Anexo 1), e para o sector agrícola (Tabela 3.17), não terão conduzido, todavia, a especiais restrições no abastecimento urbano deste concelho, uma vez que as acções adoptadas nesse concelho, não terão ido além de medidas de nível 1 e 2 (Anexo 1).

Por outro lado, no concelho de Estremoz, os volumes captados no MAI, em 2005, são idênticos aos quantificados para 2002 (Tabelas 4.51 e 4.55), verificando-se, mais uma vez, corresponderem a valores estimados (Anexo 10), por não preenchimento desses dados pela respectiva entidade gestora. Por este motivo não é possível avaliar eventuais alterações que tenham ocorrido, em 2005, nos consumos associados aos sistemas de abastecimento urbano nesta área. Ainda assim, verifica-se (Anexo 1) que, no concelho de Estremoz, são indicados como principais impactos, no ano de 2004/05, a afectação de alguns pontos de apoio no combate a incêndios florestais, e como principais medidas adoptadas a sensibilização da população e a melhoria da eficiência dos sistemas (nível 1), podendo considerar-se, por isso, que não se verificam problemas especialmente relevantes nesse ano, no concelho de Estremoz.

O concelho do Alandroal, na área da UAG 3, depende de captações no MAI, embora as mesmas façam parte de um sistema integrado, partilhado com a UAG 2, com captações também no aquífero Estremoz-Cano (Figuras 4.45 e 4.46). Assim, da análise das Tabelas 4.51 e 4.55, verifica-se que, apesar de os volumes captados no MAI serem pouco significativos, na UAG 3, houve uma considerável redução dos mesmos, no ano de 2005. Tal parece vir confirmar o aumento dos volumes captados em 2005, neste sistema integrado, a partir do aquífero Estremoz-Cano, tal como destacado anteriormente (UAG 2). Não obstante, a redução verificada nos volumes extraídos do MAI, na UAG 3, é bastante inferior ao aumento quantificado nos volumes captados na UAG 2, nesse concelho. Por outro lado, segundo dados do secretariado técnico da Comissão de Seca de 2005 (INAG, 2006), foram realizadas duas novas captações no concelho do Alandroal, na sequência da situação de seca de 2004/05, na área da UAG 3. Essas captações (Figura 4.48) são dependentes do MAI e correspondem às captações Alandroal - Palha RA4 e Alandroal - Palha RA5, que surgem referidas nos dados do INSAAR do ano de 2006 (Anexo 10). A necessidade de construção dessas captações, no MAI, constitui mais um sinal de alerta para uma possível limitação dos volumes verificados no sistema aquífero Estremoz-Cano, nesse ano, dado que as redes de distribuição dessa área se encontram ligadas às captações naquele aquífero.

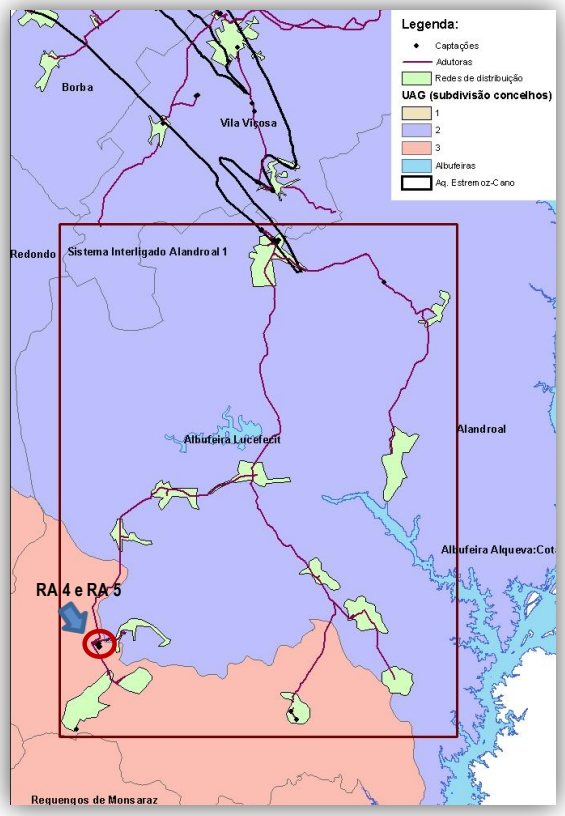


Figura 4.48: Sistema integrado do concelho de Alandroal e localização das novas captações realizadas na sequência da seca de 2004/05 (adaptado de INAG, 2009).

No concelho de Évora, em 2005, existiam os sistemas autónomos dependentes de captações no MAI, bem como o sistema integrado, dependente da albufeira de Monte Novo e de captações no MAI (Figura 4.46). Assim, atendendo aos dados da Tabela 4.51 e 4.55, verifica-se um volume captado a partir da albufeira de Monte Novo, idêntico nos anos de 2002 e 2005, apesar de os valores serem fornecidos pela entidade gestora (Anexo 10). Além disso verifica-se uma redução global nos volumes captados a partir do MAI. Por análise da Tabela 4.54, confirma-se que tal corresponde a uma redução, com algum significado, dos volumes captados no sistema integrado, a partir dessa origem, e a uma redução mais ligeira, dos volumes correspondentes captados nos sistemas autónomos. Refira-se, ainda, ter sido verificada a utilização de furos de recurso, nos sistemas autónomos (Anexo 10). Por fim, considerando os registos de impactos nesse concelho (Anexo 1), confirma-se a indicação do baixo nível de águas subterrâneas, não tendo, no entanto, sido registada a adopção de especiais medidas neste concelho.

Em Reguengos de Monsaraz verifica-se, tal como no concelho do Redondo, uma redução dos consumos associados à albufeira da Vigia (Tabelas 4.51 e 4.55). Como referido anteriormente, a determinação dos volumes de consumos destes dois concelhos, a partir da albufeira da Vigia, foi efectuada com uma proporção do volume total captado, através da população servida em cada concelho (Anexo 10). Assim, como no INSAAR, no caso das albufeiras públicas, apenas são apresentados os volumes totais captados, não é possível determinar se uma redução dos volumes totais captados se repercute de igual forma nos dois

concelhos, ou apenas num deles, admitindo ter-se verificado um abastecimento por origens alternativas no outro. De facto, pela Tabela 4.54 confirma-se que, no concelho de Reguengos de Monsaraz, em 2005, houve um aumento dos volumes associados às captações no MAI, também integradas no sistema que utiliza a água da albufeira da Vigia. É possível que esse aumento possa ter compensado, pelo menos em parte, a redução dos volumes servidos pela albufeira da Vigia. Porém, como não foi confirmada essa hipótese, assume-se na presente tese, que a distribuição dos volumes totais captados na albufeira da Vigia, por estes dois concelhos, se mantém sempre segundo as proporções de população servida. Por fim, por comparação com os registos de impactos reais no ano de 2004/05 (Anexo 1) confirmam-se, em Reguengos de Monsaraz, os baixos níveis de armazenamento de águas superficiais (em albufeira) e níveis piezométricos de águas subterrâneas, não tendo, no entanto, sido adoptadas medidas especialmente significativas (correspondem, essencialmente, a medidas de nível 1 e 2).

Ainda na UAG 3, no concelho de Mourão, verifica-se um ligeiro aumento dos consumos associados às captações no MAI, no ano de 2005, por comparação das Tabelas 4.51 e 4.52. De facto, nesse ano, o concelho era apenas servido por sistemas autónomos. No entanto, nos dados das captações desse concelho, no ano de 2005 (Anexo 10) verifica-se que, mantendo-se o mesmo número total de captações, face a 2002, a maioria dos valores de volumes captados nas mesmas foi estimado, pelo que esse aumento poderá não corresponder exactamente à realidade. De facto, por análise dos impactos reais, verificados nesse ano (Anexo 1), confirma-se a indicação de um baixo nível de águas subterrâneas, bem como a execução de novos furos (medidas de nível 4), o que salienta a possibilidade de terem ocorrido problemas no abastecimento desse concelho.

No concelho de Moura, verificou-se, em 2005, uma redução dos consumos associados às captações no MAI (sistemas autónomos) (Tabelas 4.501, 4.54 e 4.55). Moura foi, de facto, um dos concelhos mais seriamente afectados por essa situação de seca (ver 3.3.6 e Anexo 1), tendo sido verificada a adopção de várias e importantes medidas de mitigação, incluindo o abastecimento por autotanques e a realização de novos furos (medidas de nível 4). No entanto, como apenas uma pequena parte desse concelho surge integrado na UAG 3, não foi possível apurar se algumas dessas medidas versaram, especificamente, o abastecimento nos sistemas autónomos identificados nessa área.

Por fim, no concelho de Portel, verifica-se um aumento, ainda que ligeiro, dos volumes obtidos a partir da albufeira do Alvito, no ano de 2005 (Tabelas 4.51 e 4.55). Por outro lado, as captações do MAI, integradas no mesmo sistema (Tabela 4.54), sofreram uma redução dos consumos extraídos em 2005, o que, em princípio, parece confirmar o funcionamento em sistema integrado. No entanto, os concelhos de Cuba e Vidigueira (fora da região em estudo), além de Portel, também dependem da albufeira de Alvito. Como tal, à semelhança do verificado nos concelhos de Redondo e Reguengos de Monsaraz (dependentes da albufeira da Vigia), também neste caso não é conhecida a distribuição exacta dos volumes para estes concelhos, sendo assumida uma proporção com base na população total servida em cada concelho. Além disso, aos consumos afectos ao concelho de Portel é, ainda, aplicada outra proporção (de área) atendendo a que, apenas parte desse concelho está integrada na UAG 3. Em relação aos impactos reais verificados, em 2005, nesse concelho (Anexo 1), é indicada a ocorrência de

baixos níveis de águas subterrâneas, bem como o esgotamento de furos, tendo sido apenas adoptadas, no entanto, medidas de nível 1 e 2.

Tendo sido possível algum detalhe na avaliação efectuada verifica-se, contudo, que a informação existente é limitada, nomeadamente para a quantificação dos volumes em falta no ano de 2005, ou dos volumes que foram colmatados pela adopção de medidas de mitigação ou recurso a origens alternativas. Ainda assim, é possível destacar a verificação de algumas tendências que poderão ajudar a sistematizar o funcionamento dos sistemas de abastecimento existentes na região em estudo, com vista à simulação dos mesmos, bem como a identificação de possíveis vulnerabilidades e alterações que possam ser verificadas em situação de seca, tomando a situação de 2005 como exemplo. Como tal verifica-se que:

- As captações dependentes do MAI são as mais vulneráveis a uma situação de seca, uma vez que se verificou a ocorrência de impactos e a adopção de medidas de mitigação em todos os concelhos servidos por este tipo de captações. Tal é particularmente notório nos concelhos com sistemas autónomos dependentes, em exclusivo, dessa origem de água (como Arronches ou Mourão);

- Por outro lado, é bastante provável que tenha ocorrido uma limitação dos volumes disponíveis para o sector urbano, no sistema aquífero Estremoz-Cano, devido à descida dos níveis piezométricos, anteriormente identificada em 4.2.4;

- Embora seja quantificada uma redução significativa dos consumos para abastecimento urbano, associados à albufeira da Vigia, não se registaram impactos relevantes nos concelhos de Redondo e Reguengos de Monsaraz, servidos por essa albufeira, nem a adopção de medidas de mitigação relevantes;

- Nos sistemas servidos por mais do que um tipo de origens (integrados), verifica-se, de forma genérica, um aumento dos consumos associados às origens com maior capacidade (ex. albufeiras), bem como uma ausência quase generalizada de impactos nos concelhos associados (a excepção corresponde aos concelhos de Borba, Vila Viçosa e Alandroal, na UAG 2, dependentes de captações no aquífero Estremoz-Cano);

- Os furos de funcionamento de recurso foram utilizados na seca de 2004/05, tanto no caso de sistemas autónomos, como de sistemas integrados.

4.3.3.3 Simulação do funcionamento dos sistemas de abastecimento urbano em situação de seca

A simulação dos sistemas de abastecimento urbano terá de passar por uma avaliação da capacidade de satisfação das necessidades associadas aos diferentes sistemas, atendendo às disponibilidades existentes nas diferentes origens.

Assim, para aplicação desta simulação a um período de tempo compatível com os dados apresentados para o sector agrícola (1997/98 a 2008/09)[116] foi necessário efectuar algumas

[116] Ver ponto 4.3.2.

considerações no que toca aos consumos para o sector do abastecimento urbano. Atendendo aos dados do INSAAR existentes (INAG, 2004; 2006; 2007; 2008; 2009) e anteriormente analisados ao nível dos diferentes sistemas (Tabelas 4.52 a 4.54) considerou-se que entre 1997/98 e 2004/05 (inclusive) os consumos para o abastecimento urbano correspondem aos valores do INSAAR referentes a 2002. No caso do ano de 2004/05 refira-se que, tal como salientado no ponto anterior, houve algumas situações em que a ocorrência de impactos terá levado a alterações nos volumes captados nos diferentes sistemas, que são, de forma genérica, traduzidos nos volumes quantificados no INSAAR para 2005. Por esse motivo, e atendendo a que a configuração dos sistemas era muito próxima da verificada em 2002, admitiu-se a representatividade dos volumes captados, também referentes a 2002, para simulação do ano de 2004/05. Não obstante, para os demais anos hidrológicos foram considerados, por sistema (Tabelas 4.52 a 4.54), os dados do INSAAR dos anos respectivos, i.e., os dados de 2006, no ano de 2005/06, os dados de 2007, no ano de 2006/07 e os dados de 2008, no ano de 2007/08. O último ano hidrológico do período (2008/09) considerou-se representado pelos dados do INSAAR de 2008, mau grado os mesmos deverem ser actualizados assim que estiverem disponíveis os dados do INSAAR referentes ao ano de 2009[117].

Refira-se, por fim, que a configuração dos sistemas (em autónomos e integrados) considerada nesse período é correspondente à situação de 2002 (Figuras 4.44 a 4.46) entre 1997/98 e 2006/07 (inclusive), e à situação de 2008 (Figura 4.47) a partir do ano de 2007/08 (inclusive). Tal como no caso dos volumes associados às diferentes origens, também para a configuração deverá estar prevista uma actualização da evolução dos sistemas de acordo com os novos dados do INSAAR que venham a estar disponíveis[118].

Por outro lado, a avaliação das disponibilidades deverá ser feita de acordo com o tipo de origens, captações no MAI, em sistemas aquíferos, ou em albufeiras públicas (ver procedimentos específicos adiante). Não obstante, a comparação disponibilidades-necessidades deverá ser feita ao nível dos sistemas, sendo que, no caso dos aquíferos ou albufeiras públicas, a distribuição das disponibilidades por diferentes sistemas que lhe estejam associados é feita por proporção dos consumos correspondentes (considerando a média dos volumes identificados nos diferentes anos, para cada sistema, nas Tabelas 4.52 a 4.54).

Assim, caso as disponibilidades nos sistemas autónomos não sejam suficientes para satisfazer as necessidades associadas (representadas pelos valores das Tabelas 4.52 a 4.54, tal como descrito acima), considera-se a ocorrência de défice.

No caso dos sistemas integrados, os eventuais défices quantificados para as captações em origens mais vulneráveis (como, por exemplo, no MAI) poderão ser colmatados por disponibilidades "em excesso" nas origens alternativas. Caso tal não suceda, considera-se a verificação de défice em todo o sistema, sendo o valor correspondente à diferença entre necessidades totais e disponibilidades totais.

Tal como referido anteriormente, a avaliação das disponibilidades é feita de forma diferenciada, de acordo com o tipo de origem de água, segundo os princípios base que se descrevem, resumidamente, em seguida (nos pontos a), b) e c)). Recorde-se que, tal como

[117] Nomeadamente em desenvolvimentos futuros.
[118] Idem.

indicado para o sector agrícola em 4.3.2, esta avaliação será devidamente detalhada no âmbito da modelação das diferentes origens no ponto 4.5:

a) Águas subterrâneas – Captações no Maciço Antigo Indiferenciado (MAI)

Sendo as captações localizadas na área indiferenciada do Maciço Antigo, poderá adoptar-se o tipo de considerações e procedimentos de avaliação apontados em 4.3.2, relativos a captações similares para o regadio privado. Assim, para a quantificação das disponibilidades para abastecimento urbano deverá ser considerado que estas captações são capazes de satisfazer os consumos associados em ano normal, admitindo como referência o valor mais elevado dos anos considerados (Tabelas 4.52 a 4.54). Além disso, foi considerado que os sistemas dependentes deste tipo de captações se encontram dimensionados com alguma folga na capacidade de satisfação das utilizações existentes, em ano normal, seja através da entrada em funcionamento dos furos de recurso, caso existam, seja através de uma margem de segurança, admitida, em primeira análise, de valor correspondente a 20% dos consumos mais elevados associados a essas captações (Tabelas 4.52 a 4.54), sendo esta percentagem a aferir de acordo com os resultados obtidos[119]. Por outro lado, atendendo à redução dos consumos conseguida, neste sector, no ano de 2005, por via da poupança e consciencialização da população, levadas a cabo com as campanhas de sensibilização (CPS, 2005), foi considerado que os consumos para o sector do abastecimento urbano poderão ser reduzidos até um valor de 5% do volume anual. Assim, e em caso de défice, o valor do mesmo será obtido pela diferença entre as disponibilidades reduzidas, pela situação de seca, e as necessidades, quantificadas, então, como 95% dos consumos. Tal como referido anteriormente, todo este procedimento será devidamente detalhado em 4.5.1.

b) Águas subterrâneas – Captações em Sistemas Aquíferos

Neste tipo de captações as considerações e procedimentos considerados foram, mais uma vez, similares aos referidos em 4.3.2, para captações idênticas para fins de regadio privado. A única diferença, na avaliação das captações para abastecimento urbano, corresponde à possibilidade de redução dos consumos, similar ao referido em a). Este procedimento será descrito em mais detalhe, e de forma específica para cada sistema aquífero, no ponto 4.5.2.

c) Albufeiras públicas

As disponibilidades das albufeiras públicas são, por sua vez, determinadas por modelação de balanço hídrico, tal como também referido para o sector agrícola no ponto 4.3.2, nesse caso para o regadio público. Assim, para cada uma das principais albufeiras públicas identificadas como origem de água para o abastecimento urbano (Caia, Monte Novo e Vigia) é efectuada uma simulação dos volumes armazenados mensais, atendendo às características morfológicas da albufeira, à evaporação de volumes em albufeira e ainda às utilizações associadas a essas albufeiras, a partir da qual poderão ser determinadas as disponibilidades

[119] A aprofundar na análise dos resultados do sector do abastecimento urbano em 5.1.1.

existentes para o abastecimento urbano. Importa notar que este sector apresenta prioridade legal face a outras utilizações, pelo que a avaliação das disponibilidades para este sector não deverá entrar em conta com as necessidades dos demais sectores. Assim, as disponibilidades para o abastecimento urbano correspondentes a albufeiras serão dadas por [4.11]:

$$\text{Disponibilidades} = \text{vol. inicial} + \text{afluências} - \text{evaporação} - \text{vol .min} \qquad [4.11]$$

O eventual défice será quantificado de forma idêntica ao descrito nas origens a) e b), nomeadamente, atendendo à possível redução de 5% dos consumos associados às albufeiras. Importa ainda notar que, no caso específico da albufeira de Monte Novo, a mesma passou a contar, desde 2009, com a possibilidade de reforço, específico para o abastecimento urbano, por transferência de volumes a partir da albufeira de Alqueva (EDIA, 2004). Todo o procedimento de avaliação de disponibilidades nas diferentes albufeiras será descrito em mais detalhe em 4.5.4.

4.3.3.4 Impacto socioeconómico - Excedente do consumidor (função da procura)

Uma vez definida a forma de quantificação do défice expectável nas diferentes origens de água, devido a situações de seca, importa analisar as diferentes hipóteses de avaliação do impacto económico correspondente a essas falhas. Tal como indicado em 2.2.6 existem diversas metodologias para valoração económica da utilização da água no sector do abastecimento urbano e, consequentemente, dos impactos subjacentes a uma redução das disponibilidades para esse sector, devido a uma situação de seca. Nesse âmbito e de acordo com o apontado no início do ponto 4.3.3, vários estudos indicam que a avaliação da variação do excedente do consumidor, através da função da procura, é uma das metodologias mais indicadas e apropriadas para fazer essa valoração económica.

Monteiro (2009) apresenta a definição de uma função da procura para Portugal Continental, sendo possível um ajuste dos parâmetros da mesma segundo as características das diferentes regiões do país. Considerando o modelo linear, a função da procura para volumes consumidos mensais q (m^3/ utilizador/ mês) é dada por [4.12]:

$$q = -1{,}236.p + 0{,}079.\theta + 0{,}342.\varphi + (-3{,}952.z1' - 5{,}815.z2' - 7{,}353.z3' - 2{,}807.z4') + 5.864 \qquad [4.12]$$

Sendo:

p – €/ m^3 (*Willingness to pay* - WTP média do consumidor por unidade de volume)

θ – rendimento disponível per capita (€ 10^3 / pessoa / ano)

φ – Temperatura média anual (ºC)

zi' – características do sistema de abastecimento:

z1' - % de incumprimentos nas análises de qualidade da água

z2' - % de alojamentos sem infra-estruturas básicas (de banho ou duche)

z3' - % de população com 65 anos ou mais

z4' - % de alojamentos com ocupação sazonal

Assim, considerando: (i) os valores médios dos parâmetros, para a região, indicados por Monteiro (2009), (ii) uma transformação de q (volume mensal) em Q (volume anual= 12 x q) e (iii) invertendo a função da procura [4.11], a mesma resulta na seguinte fórmula [4.13]:

$$p = 6.62 - 0.0672.Q \qquad [4.13]$$

Nesse contexto, eventuais cortes que possam vir a ser necessários no sector do abastecimento doméstico, poderão ser traduzidos numa afectação do benefício económico nos utilizadores dos sistemas de abastecimento doméstico. Não obstante, de acordo com esta função, o número de utilizadores numa dada região corresponde ao número de contadores associados à entidade gestora (Monteiro, 2009). Ainda que o número de utilizadores/ contadores não seja correspondente ao número de habitantes da região, essa informação está, todavia, disponível no INSAAR (parte económica) (INAG, 2009). Acontece, porém, que os dados da vertente económico-financeira do INSAAR são sistematizados por concelho, ou sistema multimunicipal, em correspondência com a área de operação das Entidades Gestoras (EG). Por outro lado, o balanço necessidades/disponibilidades deverá ser feito ao nível das origens de água, tomando por base os dados da vertente física e de funcionamento desse mesmo inventário, que se encontram sistematizados por região hidrográfica e por origem de água. Uma vez que não são espacialmente coincidentes foi, então, necessário efectuar uma compatibilização dos dois tipos de dados, que assentou no seguinte procedimento:

I. <u>Caracterização da "procura"</u>

Para aplicação da função da procura foi necessário identificar as entidades gestoras (EG) da região. Apesar das origens estarem sob alçada das EG com responsabilidade da gestão "em alta", como essas entidades não fornecem água aos clientes finais, mas sim às entidades "em baixa", a avaliação do número de clientes ou contadores, bem como dos volumes anuais (m^3) facturados por contador foi efectuada por análise da caracterização do INSAAR referente a estas últimas (Tabela 4.56). Note-se, no entanto, que como os dados das EG "em baixa" estão associados à dimensão espacial mínima do concelho, a caracterização dos dados de volumes anuais facturados por contador foi efectuada para a área desses concelhos pertencente às UAG da região do Guadiana, admitindo uma distribuição espacial uniforme do número de clientes em cada concelho.

Tendo por base os dados da Tabela 4.56 e comparando com os dados das Tabelas 4.52 a 4.54, resulta, desde logo, evidente, que os volumes captados nas origens são bastante mais elevados do que os volumes facturados pelas EG "em baixa", tal como concluído no INSAAR (2009), para a RH 7 Guadiana. Nesse documento são apontadas como principais causas para essa situação, as perdas existentes nos sistemas e as ligações ilegais aos sistemas de abastecimento urbano.

Tabela 4.56: Caracterização das principais Entidades Gestoras da região, por UAG

Unidade de análise e gestão	Concelho	Entidades gestoras ("em baixa")	% Área de concelho na UAG	Nº de contadores (UAG)	Volumes vendidos (UAG) (m^3)	Volume por cliente (m^3/ contador)
UAG 1	**Portalegre**	S.M.A.T. de Portalegre	41	5.743	759.821	132
	Arronches	C.M. Arronches	94	1.901	131.130	69
	Campo Maior	C.M. Campo Maior	100	4.890	377.698	77
	Elvas	C.M. Elvas	81	10.066	989.677	98
UAG 2	**Elvas**	C.M. Elvas	7	870	85.528	98
	Borba	C.M. Borba	61,3	2.423	213.679	88
	Vila Viçosa	C.M. Vila Viçosa	68	3.240	297.624	92
	Alandroal	C.M. Alandroal	76	2.931	249.302	85
	Redondo	C.M. Redondo	17	686	146.111	213
UAG 3	**Estremoz**	C.M. Estremoz	10	573	58.986	103
	Redondo	C.M. Redondo	81,9	3.305	703.911	213
	Alandroal	C.M. Alandroal	24	926	78.727	85
	Évora	C.M. Évora	52	14.788	2.084.616	141
	Reguengos de Monsaraz	Município de R. de Monsaraz	100	19	2.110	109
	Mourão	C.M. Mourão	87	1.556	114.679	74
	Portel	C.M. Portel	53	1.752	180.443	103
	Moura	C.M. Moura	17	1.667	128.927	77
			Total	**57.336**	**6.602.969**	**-**

* No INSAAR (INAG, 2009) não existe uma quantificação do número de contadores para o município de Reguengos de Monsaraz. Por esse motivo, foi determinado um valor médio, para a área, de volume por contador. Através desse valor e dos dados de volumes vendidos (m^3) no município foi efectuada uma estimativa do respectivo número de contadores.

Não obstante, procurou-se efectuar, nesta fase, uma análise crítica da metodologia considerada e da ordem de grandeza dos valores passíveis de serem obtidos através da mesma para estimativa dos impactos socioeconómicos de seca no sector urbano. Assim, atendendo a que os principais impactos verificados na região em estudo, na seca de 2005, corresponderam ao esgotamento de furos, nomeadamente da zona indiferenciada do Maciço Antigo[120], foi efectuada uma análise dos impactos resultantes de uma eventual afectação dessas origens. Para isso foi considerado, como exemplo, o caso do concelho de Mourão. Nesse concelho, segundo dados da Tabela 4.54 (para o ano de 2002), são captados do MAI cerca de 0,56 hm^3/ ano, em sistemas autónomos. Admitiu-se que, numa dada situação de seca, se verifica uma redução das disponibilidades em cerca de 10% dos volumes anuais. Tal corresponderá, no tempo, a uma quebra de cerca de 36 dias, num ano (o que não implica, necessariamente, que esses dias ocorram em contínuo).

Para quantificação dos correspondentes impactos, admitiu-se que o volume anual, por contador, nesse concelho, identificado na Tabela 4.56, se reduz na mesma proporção da afectação dos volumes captados (i.e. 10%). Considerando essa redução ao nível do cliente individual (7,4m^3/ ano) e o declive da recta correspondente à expressão 4.13, obtêm-se a área correspondente à redução do excedente de cada consumidor (1,84 €/cliente/ ano). Considerando o número de contadores existentes na UAG 3, nesse concelho (1.556 contadores, de acordo

[120] Ver ponto 3.3.6

com a Tabela 4.56), obtêm-se pouco mais de 2.860 € de variação do excedente de todos os consumidores desse concelho, para uma falha no abastecimento de 36 dias.

Parecendo que este valor é bastante reduzido, considerou-se a seguinte comparação: uma vez que se considera haver uma redução de 10% dos volumes consumidos, por falha no abastecimento, tal reflectir-se-á, também, numa redução da factura de água paga por esses consumidores. Admitindo um preço médio da água, de 0,97 €/m^3, valor identificado no INSAAR, no ano de 2008, para a RH7-Guadiana (INAG, 2009), uma redução de 10% nos volumes facturados no concelho de Mourão corresponde a cerca de 11.125 € de redução do custo da água para os consumidores. Assim, é possível concluir que, aquilo que os utilizadores poupariam, na factura de água, em situação de seca, corresponderia a um valor cerca de quatro vezes superior à estimativa do que, por esta metodologia, seria o impacto socioeconómico de seca neste sector!

Existem vários motivos que poderão conduzir a esta situação, de entre os quais se destacam: (i) a existência de diversas variáveis que, por não serem quantificadas directamente, são alvo de estimativas (por exemplo, nº de clientes servidos por captações no MAI, nº de utilizadores existentes, em cada concelho, na área das UAG, consumos associados a cada UAG, por concelho, etc.), (ii) o facto de o preço da água, na região, não reflectir o custo total (ainda segundo os dados do INSAAR, para a RH7–Guadiana, o custo total da água, para as EG, no ano de 2008, foi de cerca de 1.27 €/m^3), distorcendo o real valor da mesma, nomeadamente para caracterização da *Willingness-to-Pay* dos consumidores do sector, (iii) o facto de a função da procura ser obtida, por extrapolação, a partir de uma gama de variação de preços bastante reduzida (Gibbons, 1986), o que poderá condicionar a avaliação de variações de consumo além desse intervalo, e (iv) o facto de, as variações de consumo pressupostas na função da procura, serem devidas a pequenas variações do preço da água, conduzindo a uma redução ou aumento das utilizações menos relevantes, o que poderá não corresponder às limitações verificadas durante uma situação de seca.

Assim, não sendo possível apontar qual(is) o(s) motivo(s) principal(is) para a discrepância de valores obtidos, foi considerado que esta metodologia, apesar de usada em estudos anteriores (Jenkins *et al*, 2003; Ward *et al*, 2001; 2006; Valiñas, 2006), não seria apropriada à estimativa do impacto de seca, na região em análise, para o sector do abastecimento urbano. Por esse motivo, foi considerada a hipótese de estimativa das perdas económicas neste sector, através da quantificação dos custos acrescidos necessários à colmatação das falhas. Esse método corresponde, genericamente, à avaliação dos custos de aumento de fiabilidade dos sistemas, anteriormente referido[121].

4.3.3.5 Impacto socioeconómico - Custos acrescidos para a colmatação de falhas

Em alternativa à metodologia apontada no ponto anterior, foi adoptado um procedimento que toma como base a quantificação dos custos associados à colmatação dos volumes em défice. Com esta alternativa, pretende-se caracterizar o impacto económico correspondente a eventuais falhas no abastecimento devido à seca, pelo custo que a respectiva entidade gestora

[121] Ver ponto 2.2.6.

teria de suportar para evitar ou colmatar totalmente essa falha, nomeadamente pelo recurso a origens de água alternativas.

Tomando como referência o sucedido na seca de 2005 foi possível verificar, a partir da documentação e registos existentes,[122] que as principais medidas adoptadas nos concelhos mais problemáticos corresponderam ao abastecimento por autotanque e à execução de novos furos, ou requalificação de furos antigos. Deverá, todavia, distinguir-se que, apesar de terem sido consideradas como medidas de emergência, a execução de novos furos corresponde a uma medida estrutural, uma vez que esses furos poderão ser novamente utilizados numa eventual situação de seca futura, reduzindo a vulnerabilidade do sistema em causa.

De facto, segundo o disposto no Programa de Acompanhamento e Mitigação dos Efeitos da Seca 2005, publicado na Resolução do Conselho de Ministros n.º 83/2005, poderá considerar-se que, das medidas de emergência indicadas, a mais relevante para a colmatação de eventuais défices devido a situações de seca passará pelo recurso ao fornecimento de água potável às populações através de autotanque.

Assim, tomando como base informação referente à seca de 2005, fornecida pelo INAG, IP, no âmbito do desenvolvimento do Projecto SPGS (INAG, 2006), nomeadamente referentes ao preçário do abastecimento por autotanque pelos Bombeiros Voluntários de Moura, foram admitidos os seguintes custos unitários de transporte de água em autotanque:

- Percurso: 1.0 €/km
- Motobomba: 10 €/h
- Motorista: 10 €/h

Poderá considerar-se, com base nestes custos, um transporte de 20 m^3, para um percurso médio de 50 km (ida e volta), com um tempo médio de duração de 4 h. O custo total de cada abastecimento rondará, então, os 130€, por cada 20m^3 de água. Sendo, este valor, uma estimativa aproximada, que deverá ser aferida de acordo com a situação em causa, poderá, todavia, ser considerado um preço base para a quantificação dos custos necessários à colmatação dos volumes em falta. Este esquema de quantificação de custos poderá ser aplicado quer aos sistemas dependentes de captações no MAI, quer aos sistemas dependentes de origens com maior capacidade, como por exemplo, as captações em sistemas aquíferos ou em albufeiras públicas. Não obstante, o custo, percurso e duração do transporte em autotanque poderá ter de ser reajustado, de acordo com a situação em causa e as origens disponíveis para o enchimento dos autotanques, devendo ser aferido junto das entidades gestoras[123].

Porém, apesar de esta solução poder fazer face a pequenas reduções de volume, por falha ligeira das origens existentes, terá de ser considerada uma alternativa para as situações em que exista uma redução mais significativa de disponibilidades. De facto, se se considerar que, no máximo, por concelho, será possível mobilizar 2 autotanques de 20m^3 de capacidade, realizando cada um, um número máximo de 4 abastecimentos por dia, cada um, isso permitirá colmatar um défice máximo de 4.800 m^3/ mês. Além disso, se se considerar que a manutenção

[122] Ver ponto 3.3.6 e Anexo 1.
[123] Em desenvolvimentos futuros.

de uma situação deste género será, no máximo, sustentável por 3 meses, tal corresponde a considerar que o limite anual para abastecimentos por autotanque é de 14.400 m^3/ ano.

Assim, numa situação de défice em que se ultrapasse, por concelho, um dos limites estipulados, deverá ser considerada como medida alternativa complementar (i.e. além do abastecimento por autotanque até ao(s) limite(s) de défice estipulado(s)) a execução de novos furos. Para quantificação do custo associado a essa medida estrutural foram considerados os valores dos Acordos de Colaboração Técnica e Financeira, celebrados com os municípios mais afectados na seca 2005, na região hidrográfica do Guadiana (CPS, 2005; ARH-Alentejo, 2010a), que são sistematizados, por concelho, na Tabela 4.57[124].

Tabela 4.57: Valores dos Acordos de Colaboração Técnica e Financeira celebrados com os municípios da bacia do Guadiana na seca de 2005 (CPS, 2005; ARH-Alentejo, 2010a)

Município	**Medidas adoptadas**	**Custos (€)**
Alandroal	Execução de 2 novas captações	55.454
Castro Verde	Execução de 5 novas captações	75.000
Mértola	Reparação e requalificação de redes	14.500
	Aquisição de depósitos	2.000
	Execução de 7 furos de captação	80.000
	Aquisição e instalação de sistemas tratamento de água subterrânea	500.000
Moura	Aquisição de reservatório	10.050
	Requalificação de furos de captação	49.961
Ourique	Execução de oito furos de captação	120.000
Serpa	Execução de 5 furos de captação	18.000
	Instalação de condutas e equipamentos em várias captações	90.000
Almodôvar	Execução de furos de captação e equipamento	72.700
	Construção de condutas adutoras	210.000
	Execução de 5 novos furos de captação	75.000
	Aquisição de depósitos (10 m^3 e 0.6 m^3)	35.000
Beja	Execução de novas captações	79.800
	Reabilitação de captações antigas	7.500
	Equipamento electromecânico	57.800
	Execução de novas condutas	75.000
	Instalações de protecção	54.000
	Estudos Hidrogeológicos	7.500

Por análise da Tabela 4.57 é possível verificar que uma das principais soluções aplicadas no sector do abastecimento urbano, com dados de custos associados, foi precisamente a pesquisa e execução de novos furos. A partir dos dados apresentados admitiu-se um custo médio de 15.000€ por cada novo furo realizado.

[124] Ver também Anexo 1.

Para a determinação do número de furos necessários foi admitido o seguinte esquema conceptual de procedimento:

a) o volume a colmatar deverá ser dado pela diferença entre o défice total anual e o volume passível de ser colmatado pelo abastecimento por autotanque, de acordo com os limites definidos;

b) se o volume em défice se verificar num sistema dependente de captações do MAI, a produtividade dos novos furos a executar deverá ser idêntica à produtividade em situação de seca (quociente entre o volume total disponível e o número de furos em serviço) dos furos existentes.

c) se o volume em défice se verificar num sistema dependente de albufeiras públicas, deverá considerar-se que os novos furos serão executados na zona mais próxima da rede em causa, correspondendo, de forma geral, ao MAI. A produtividade dos mesmos deverá ser idêntica à verificada, em situação de seca, nas captações do mesmo tipo que existam nesse concelho, ou na área mais próxima do sistema em causa;

d) se o volume em défice se verificar num sistema dependente de captações em sistemas aquíferos, deverão ser distinguidas duas situações:

d1) se se tiverem esgotado as reservas do sistema aquífero (i.e., os níveis piezométricos tiverem atingido a base do aquífero) deverá considerar-se a execução de captações no MAI, segundo um procedimento similar ao apontado para a situação correspondente a albufeiras públicas.

d2) se os níveis piezométricos médios tiverem ultrapassado o limiar de exploração definido para o sector do abastecimento urbano[125], e a espessura do aquífero for bastante superior, poderá considerar-se a execução de captações mais profundas nesse sistema aquífero, admitindo-se uma produtividade idêntica à apresentada pelas captações já existentes, em situação normal.

O número de furos total será, assim, determinado pelo número inteiro superior, resultante do quociente entre o volume em défice, e a produtividade dos novos furos, quantificada de acordo com os critérios acima indicados.

O impacto económico no sector do abastecimento urbano será quantificado, por sistema e por concelho, considerando o valor correspondente ao abastecimento por autotanque, até ao(s) limite(s) considerado(s) admissível(is), acrescido do custo de execução de novos furos se esse(s) limite(s) for(em) ultrapassado(s).

Importa ainda referir que, na presente tese, apenas se considerou a necessidade de colmatação de falhas no abastecimento urbano, na sequência de uma situação de seca, por redução das disponibilidades existentes, não tendo em conta eventuais situações de degradação da qualidade da água que possam também obrigar ao recurso a origens de água alternativas. Porém, se, na situação de seca de 2005, os problemas de qualidade da água foram relativamente importantes[126], o investimento efectuado, após 2005, para disponibilização de

[125] A detalhar em 4.5.2.
[126] Ver Anexo 1.

recursos correspondentes a origens de maior capacidade de armazenamento (logo menos sujeitas a problemas de qualidade da água), bem como na capacidade de tratamento dos efluentes residuais, de acordo com o indicado no INSAAR (INAG, 2009) em relação à RH 7-Guadiana, permitirão, certamente, um considerável melhoramento da situação em causa e uma menor probabilidade de ocorrência de problemas na qualidade da água nas origens para consumo humano. Não obstante, a consideração de eventuais limitações por degradação da qualidade da água poderá contribuir para um melhoramento da metodologia agora proposta, podendo constituir uma possibilidade de trabalho futuro.

4.4 Definição do esquema geral de avaliação

4.4.1 Gestão do risco de seca (previsão de evolução futura)

Tal como identificado no início do presente Capítulo (ponto 4.1), o objectivo principal subjacente ao desenvolvimento da metodologia de avaliação e gestão de situações de seca, é permitir uma avaliação do risco de seca, para uma gestão antecipada do mesmo, atendendo a que este tipo de situações é fruto de uma anomalia transitória da precipitação, numa dada região e período específico. Como tal, a análise de risco deverá permitir prever a ocorrência de impactos nas utilizações existentes, atendendo ao verificado até à situação presente (momento de avaliação) e à sequência natural do ciclo hidrológico (afectação das disponibilidades nas origens). Por outro lado, a avaliação socioeconómica de impactos de seca deverá ser efectuada de acordo com as características e especificidades dos principais sectores utilizadores, tendo por base as metodologias desenvolvidas no ponto 4.3.

Assim, para avaliação do risco de seca, será necessário fixar a escala temporal de análise e definir cenários adequados a essa escala, que possibilitem um enquadramento da possível evolução da precipitação. Por sua vez, a estimativa de impactos deverá ser relativa a um termo de comparação (referência) a estabelecer previamente, quer no que toca aos valores de disponibilidades nas origens (ponto comum aos sectores agrícola e do abastecimento urbano), quer no que toca aos valores de produção das diferentes culturas (ponto específico do sector agrícola). Por fim, poderá ser estabelecido o esquema geral de quantificação da afectação socioeconómica de seca, tendo por base os impactos nos principais sectores utilizadores (agricultura e abastecimento urbano), bem como a importância relativa (%) desses impactos na economia de uma dada região.

4.4.1.1 Escala temporal de análise do risco de seca

Atendendo às metodologias de avaliação socioeconómica de impactos de seca desenvolvidas em 4.3, para definição da escala temporal de análise do risco de seca é necessário ter em conta que:

a) No caso do sector agrícola, a avaliação socioeconómica de impactos de seca é centrada na afectação da produção das diferentes culturas. Como tal, a escala temporal de avaliação desse sector deve reflectir um ciclo completo de desenvolvimento das culturas, desde

a fase de cultivo até à colheita, ou seja, correspondente ao ano agrícola. Essa escala acaba assim, em termos práticos, por ser condicionante da avaliação admitida no presente trabalho, sendo aproximadamente correspondente à escala do ano hidrológico (do início de Outubro de um ano, até ao final de Setembro do ano civil seguinte)[127].

b) No caso do abastecimento urbano, não existindo nenhuma condicionante temporal específica, interessa, porém, que a escala temporal de avaliação do risco de seca abranja o período mais crítico do ano para garantia do abastecimento às populações, ou seja, o período de Verão (Julho, Agosto e Setembro).

Assim, verifica-se que a escala temporal do ano hidrológico é uma condicionante do método de avaliação do sector agrícola. Não obstante, essa escala é, também, compatível com a avaliação prevista para o sector do abastecimento urbano. A escala temporal para a gestão do risco de seca será, por isso, fixada ao ano hidrológico.

Importa, porém, salientar que uma avaliação nessa escala temporal apenas poderá assentar em valores reais monitorizados, aquando do final do mesmo (i.e. no final de Setembro). Não obstante, ao longo do ano hidrológico, vão-se conhecendo os valores reais de precipitação, escoamento, armazenamento em albufeiras, ou mesmo níveis piezométricos em sistemas aquíferos. Assim, considerando uma base mensal de avaliação, a avaliação poderá contar com os dados reais de precipitação e das demais variáveis instrumentais analisadas, verificados entre o início do ano hidrológico (Outubro) e o momento de avaliação (ex. Dezembro ou Março). Por outro lado, com o auxílio de cenários de precipitação (definidos no ponto seguinte – 4.4.1.2) e consequente simulação das restantes variáveis[128], será possível prever a possível evolução de uma situação de seca até ao final do ano hidrológico, tal como explicitado na Figura 4.49.



Figura 4.49: Esquema de avaliação do risco de seca, à escala do ano hidrológico, exemplificada para a avaliação dos meses de Dezembro (a) e de Março (b).

4.4.1.2 Cenários meteorológicos de base

Os cenários de precipitação, fundamentais para o processo de avaliação desenvolvido, foram determinados de acordo com o histórico de registos existente, tomando por base as séries de precipitação mensal ponderadas para cada UAG. Atendendo à avaliação efectuada para essa variável no ponto 4.2.1, foi levado a cabo o procedimento descrito em seguida:

[127] Apesar de o ano agrícola corresponder ao "período de tempo em que se realizam as operações culturais necessárias à produção agrícola, iniciando-se a 1 de Novembro do ano n-1 e terminando em 31 de Outubro do ano n" (INE, 2010a), a existência de culturas cujo processo de cultivo se inicia ainda em Outubro (nomeadamente de sequeiro), bem como o facto de a maioria das colheitas serem feitas até Setembro, levou a que fosse considerado, para simplificação da análise, que o ano agrícola corresponde, aproximadamente, ao ano hidrológico.

[128] Este último aspecto (simulação) será devidamente detalhado no ponto 4.5.

I. Análise dos registos de precipitação mensal

Para definição dos cenários de precipitação foram analisados os valores de precipitação mensal, ponderados ao nível das diferentes unidades de análise, na escala temporal do ano hidrológico, tendo por base os registos de precipitação dos últimos 50 anos (SNIRH, 2010).

Nas Figuras 4.50 a 4.52 são globalmente representadas as séries de precipitação mensal nos 50 anos hidrológicos do período em análise (1960/61 a 2009/10), em cada UAG.

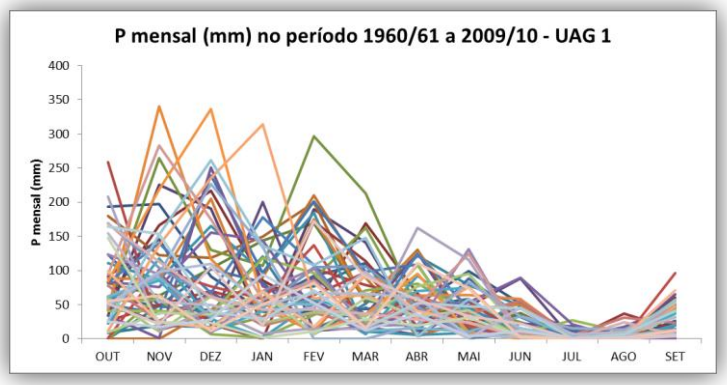


Figura 4.50: Evolução mensal de P (mm) nos 50 anos hidrológicos de registos – UAG 1

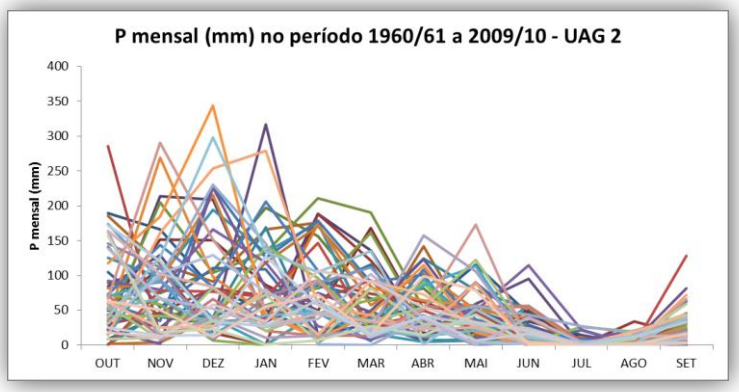


Figura 4.51: Evolução mensal de P (mm) nos 50 anos hidrológicos de registos – UAG 2

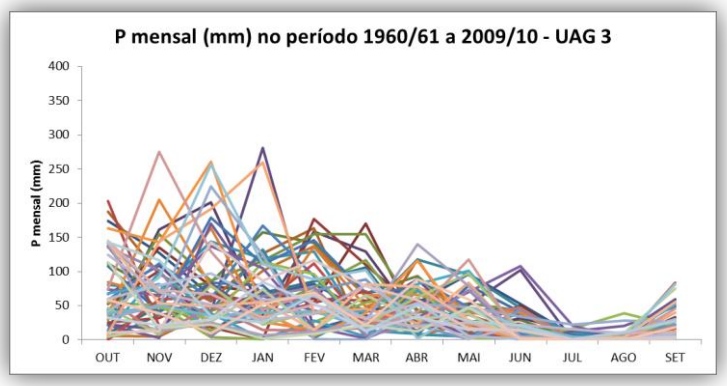


Figura 4.52: Evolução mensal de P (mm) nos 50 anos hidrológicos de registos – UAG 3

Da análise destas figuras verifica-se não ser possível identificar qualquer tendência específica, à excepção dos reduzidos valores de precipitação mensal nos meses de Verão, em especial Julho e Agosto, tal como já havia sido possível concluir pela avaliação dos gráficos *Box & Whisker* de precipitação mensal (Figuras 4.7 a 4.9), no ponto 4.2.1. Não obstante, foi efectuada uma avaliação específica da evolução mensal da precipitação para os principais anos de seca identificados[129], isto é, os anos 1980/81, 1982/83, 1991/92, 1992/93, 1994/95, 1998/99 e 2004/05. Nas Figuras 4.53 a 4.55 apresenta-se a respectiva representação da evolução, ao nível do ano hidrológico, da precipitação mensal desses anos, para as UAG 1, 2 e 3. Como termo de comparação utiliza-se a mediana de P mensal, para cada mês do ano hidrológico, atendendo ao histórico de registos (50 anos hidrológicos). Tal corresponde ao valor cuja frequência de ocorrência nesse histórico é de, exactamente, 50%.

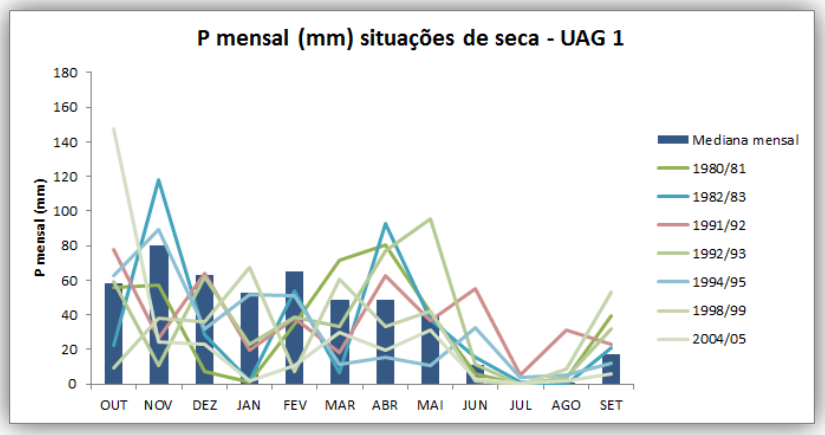


Figura 4.53: Evolução mensal de P (mm) nos anos hidrológicos de seca – UAG 1

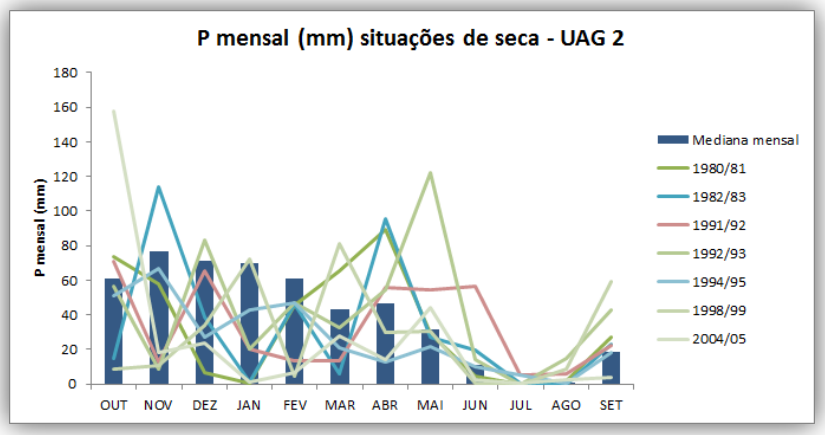


Figura 4.54: Evolução mensal de P (mm) nos anos hidrológicos de seca – UAG 2

[129] Ver Capítulo 3 (ponto 3.2) e Capítulo 4 (ponto 4.2.1).

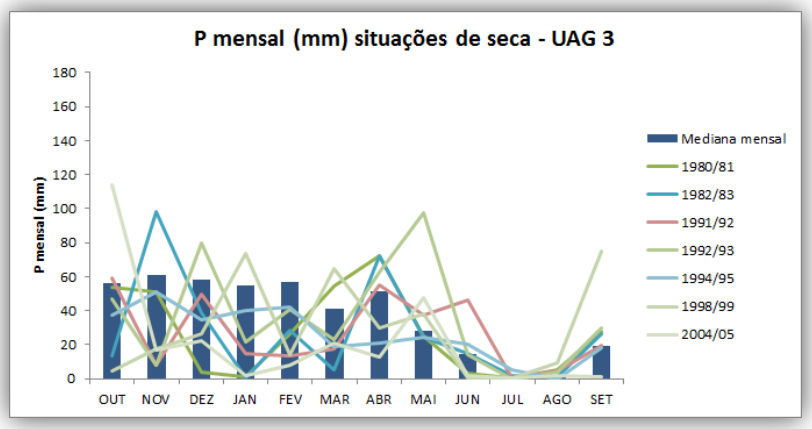


Figura 4.55: Evolução mensal de P (mm) nos anos hidrológicos de seca – UAG 3

Da análise das Figuras 4.53 a 4.55 é possível verificar que, globalmente, nas 3 UAG, existe uma afectação mais significativa da precipitação dos meses de Outono/ Inverno, em especial em Dezembro, Janeiro e Fevereiro, para as situações de seca identificadas. É também possível verificar que, apesar de terem correspondido a situações de seca bastante significativas, os anos hidrológicos de 1994/95 e de 2004/05 apresentam alguns meses com precipitação mensal acima da mediana respectiva, confirmando-se uma considerável variabilidade, entre meses sucessivos, na ordem de grandeza e respectiva frequência de ocorrência dos valores de precipitação mensal. Além disso, verifica-se uma evolução muito distinta da precipitação mensal ao longo do ano hidrológico, entre os diferentes anos de seca, não sendo possível definir um padrão.

II. Análise da precipitação mensal acumulada à escala do ano hidrológico

Procurando, por outro lado, analisar em que medida a sequência de valores de precipitação (P) mensal determina a ocorrência de situações de seca, foi avaliada, para cada UAG, a P acumulada mensal, à escala do ano hidrológico, no período de 1960/61 a 2009/10. Estes valores foram obtidos, em cada mês, por soma dos valores de precipitação mensal, do ano hidrológico respectivo, desde o início de Outubro até ao final do mês em análise[130]. Os resultados são globalmente apresentados, para o período de avaliação, nas Figuras 4.56 a 4.58.

[130] Importa realçar que os valores de P acumulada em Setembro correspondem aos valores de P anual analisados no ponto 4.2.1

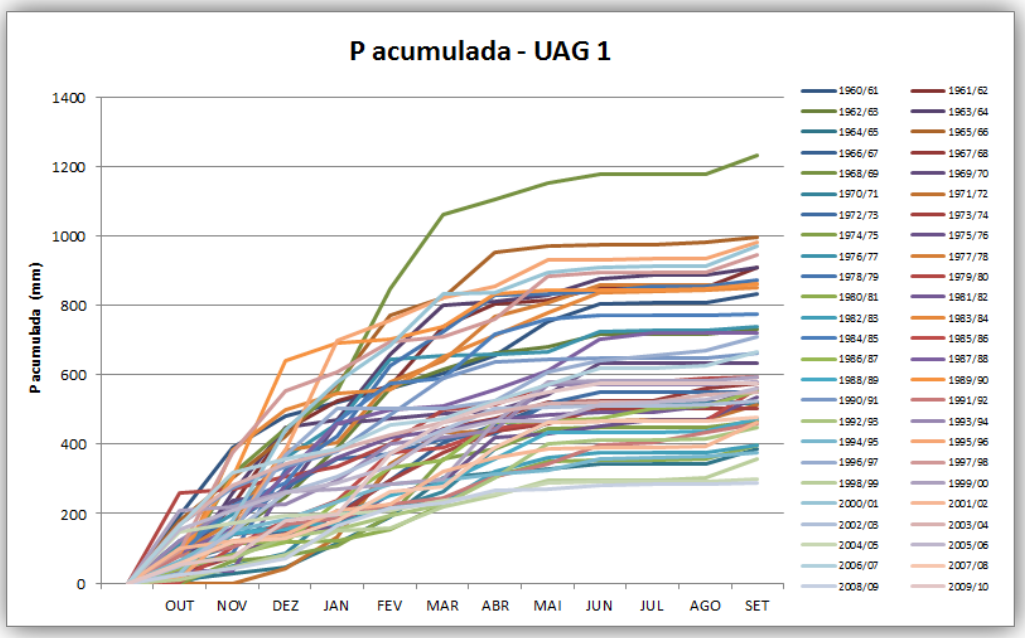


Figura 4.56: P acumulada (UAG1) nos anos hidrológicos: 1960/61 a 2009/2010.

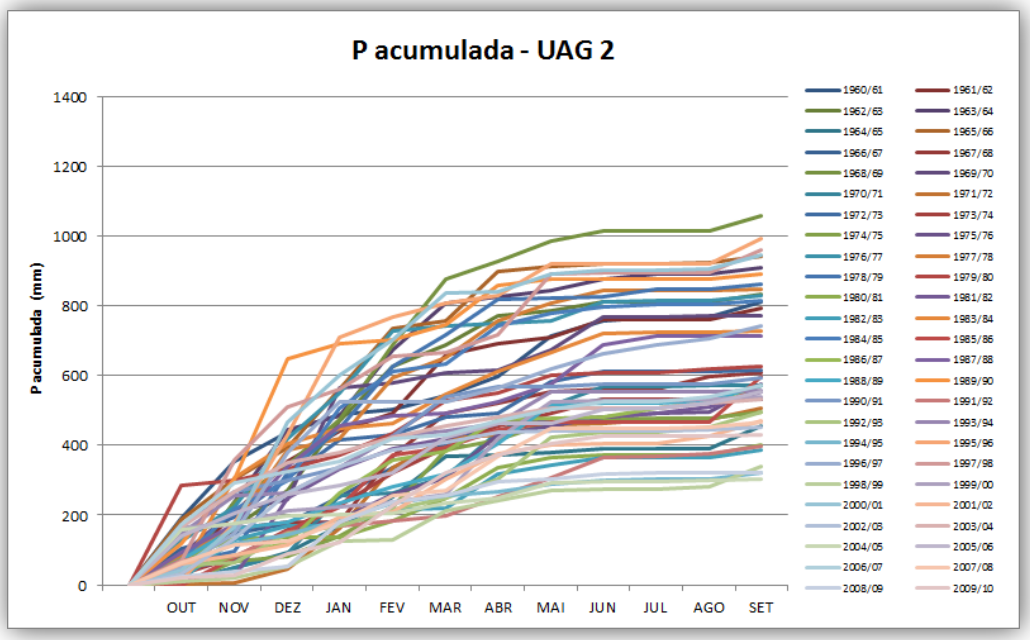


Figura 4.57: P acumulada (UAG2) nos anos hidrológicos: 1960/61 a 2009/2010.

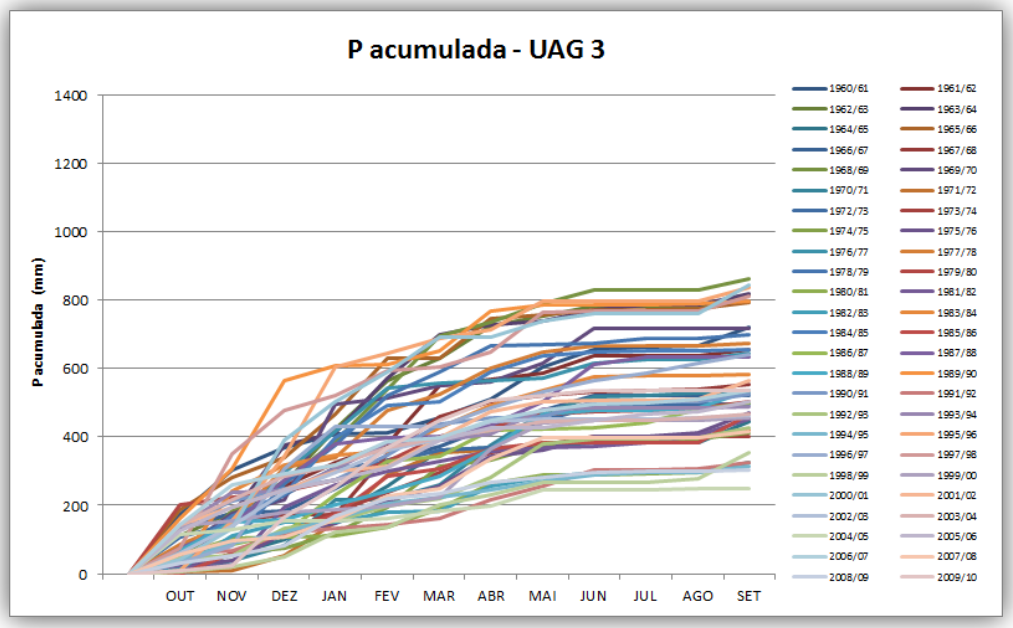


Figura 4.58: P acumulada (UAG3) nos anos hidrológicos: 1960/61 a 2009/2010.

Como se pode comprovar pela análise das Figuras 4.56 a 4.58, a elevada variabilidade, anteriormente verificada nos valores de P mensal da série de 50 anos de registos, reflecte-se igualmente, nos valores de P acumulada mensal, ao nível do ano hidrológico, não permitindo definir qualquer padrão ou tendência de P acumulada, além da relativa estabilidade dos valores verificados nos meses de Julho, Agosto e Setembro. Não obstante, foram analisados os dados de P acumulada mensal, por UAG, para os anos de seca identificados (1980/81, 1982/83, 1991/92, 1992/93, 1994/95, 1998/99 e 2004/05). Para essa avaliação foram ainda considerados, como termo de comparação, os respectivos valores mínimos e máximos (envolvente) e ainda a mediana de P acumulada mensal (Figuras 4.59 a 4.61), definidos, para cada mês do ano hidrológico, a partir dos valores de P acumulada mensal do histórico de registos (SNIRH, 2010).

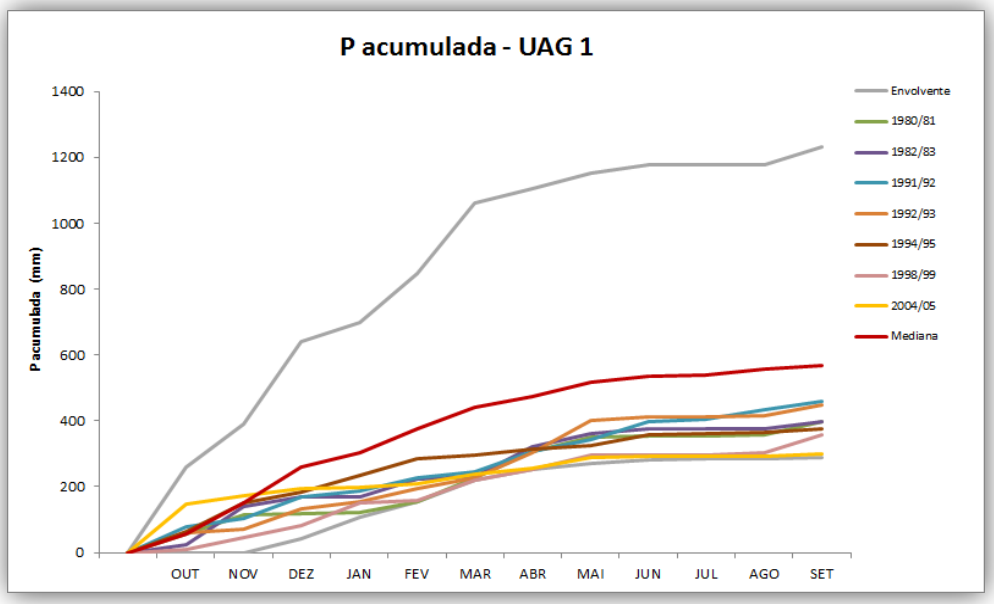


Figura 4.59: Avaliação da P acumulada nas principais situações de seca (UAG 1)

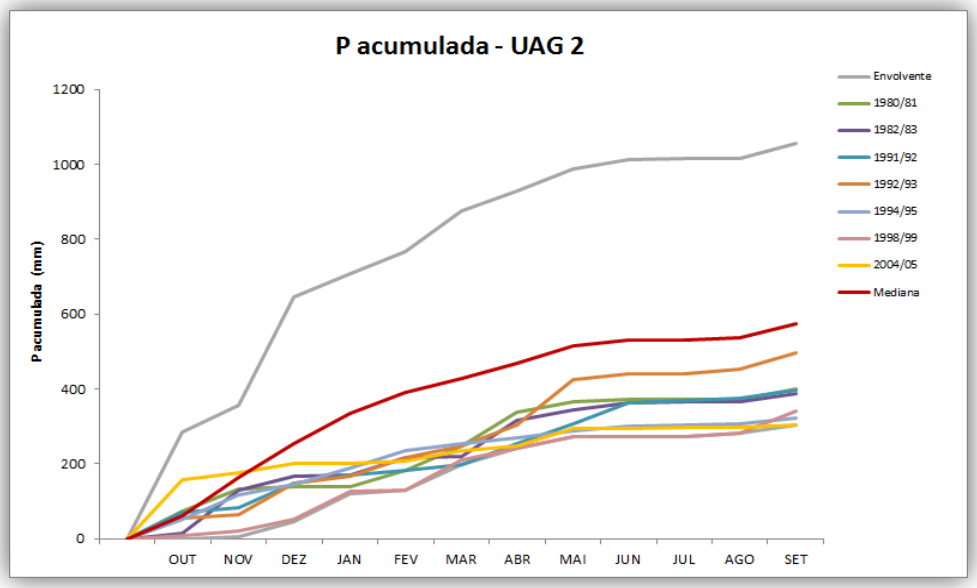


Figura 4.60: Avaliação da P acumulada nas principais situações de seca (UAG 2)

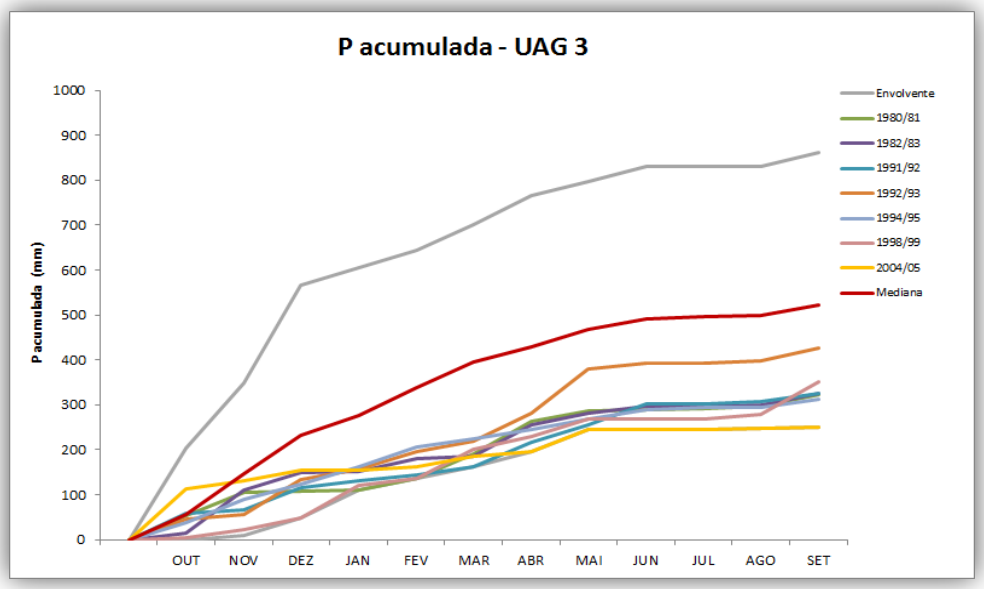


Figura 4.61: Avaliação da P acumulada nas principais situações de seca (UAG 3)

Por análise das Figuras 4.59 a 4.61, verifica-se que os anos hidrológicos de seca nas UAG 1, 2 e 3, apesar de gravosos, nem sempre começam com valores reduzidos de P acumulada mensal. Saliente-se o ano de 2004/05, o mais gravoso dos últimos 30 anos, durante o qual os valores de P acumulada se mantiveram acima da respectiva mediana até Novembro. Por outro lado, no ano de 1998/99, em que a P acumulada mensal se manteve em níveis muito reduzidos durante todo o ano hidrológico, nas três UAG, verificou-se um certo alívio em Setembro, fruto da precipitação ocorrida nesse mês.

Não obstante, é possível comprovar, para as principais situações de seca analisadas, que o valor de P acumulada fica abaixo da mediana a partir de Novembro, não tornando a recuperar até ao final do ano hidrológico, nem mesmo nos meses tendencialmente mais chuvosos de final de Outono/ Inverno (Dezembro a Março). Por outro lado, confirma-se a

reduzida contribuição da precipitação verificada a partir dos meses de Abril/ Maio, para os valores de P acumulada contabilizados até ao final do ano hidrológico (final de Setembro), tal como se pode verificar nas Figuras 4.59 a 4.61 e também nas Figuras 4.56 a 4.58, pela estabilidade verificada nos valores de P acumulada a partir daqueles meses.

Porém, apesar de se considerar que a análise de dados de P acumulada pode constituir uma boa base de avaliação da evolução da precipitação ao longo do ano hidrológico, e consequente identificação de situações de seca, é, também, possível constatar que a eventual definição de cenários meteorológicos a partir de valores de P acumulada apresenta algumas limitações à aplicação da metodologia desenvolvida. De facto, os modelos considerados para a simulação das diferentes origens[131] necessitam de dados mensais de precipitação. Por esse motivo, foi considerada a hipótese de definição de cenários a partir dos valores de P mensal, nomeadamente atendendo aos descritores estatísticos mensais (percentis 25, 50 e 75) obtidos a partir do histórico de registos.

III. Avaliação de descritores estatísticos mensais

Atendendo à avaliação efectuada em 4.2.1.5, foi considerada a avaliação dos percentis 25, 50 e 75 de precipitação mensal, determinados especificamente para cada mês (doravante designados P 25 mensal, P 50 mensal e P 75 mensal, respectivamente), em cada UAG, e que surgem descritos nas Tabelas 4.58 a 4.60. Os valores de P mensal associados a cada um destes percentis, apresentam frequências de não excedência, no período de análise (50 anos), de 25, 50 e 75 % respectivamente.

Tabela 4.58: Valores dos percentis 25, 50 e 75 mensais (mm) para a UAG 1, no período em análise (1960/61 a 2009/10).

UAG 1	P 25 mensal	P 50 mensal	P 75 mensal
OUT	35,81	57,9	98,09
NOV	37,08	80,32	121,57
DEZ	32,58	63,05	127,5
JAN	29,87	52,47	95,93
FEV	38,53	65,35	107,05
MAR	17,41	48,29	94,99
ABR	28,22	48,28	75,39
MAI	14,41	39,4	58,38
JUN	3,63	10,74	37,28
JUL	0	0,45	2,19
AGO	0	0,24	4,93
SET	6,29	17,26	42,3
Total (mm)	243,84	483,75	865,6

[131] A desenvolver no ponto 4.5.

Tabela 4.59: Valores dos percentis 25, 50 e 75 mensais (mm) para a UAG 2, no período em análise (1960/61 a 2009/10).

UAG 2	P 25 mensal	P 50 mensal	P 75 mensal
OUT	30,36	60,84	114,12
NOV	36,56	76,72	116,1
DEZ	32,8	71,39	124,86
JAN	34,04	69,64	123,36
FEV	29,44	61,24	102,31
MAR	21,2	43,35	89
ABR	24,35	46,37	84,31
MAI	18,31	31,79	56,72
JUN	4,49	11,24	32,37
JUL	0	0,51	3,55
AGO	0	0,51	6
SET	6,76	18,67	42,23
Total (mm)	238,31	492,25	894,93

Tabela 4.60: Valores dos percentis 25, 50 e 75 mensais (mm) para a UAG 3, no período em análise (1960/61 a 2009/10).

UAG 3	P 25 mensal	P 50 mensal	P 75 mensal
OUT	26,54	56,09	113,22
NOV	37,37	60,98	100,68
DEZ	31,2	58,41	94,55
JAN	29,41	54,93	104,17
FEV	20,54	56,97	91,98
MAR	19,21	49,52	68,3
ABR	21,82	51,02	74,97
MAI	16,39	28,2	50,42
JUN	3,13	14,16	37,54
JUL	0	0,45	3,61
AGO	0	0,62	5,02
SET	6,82	19,08	32,29
Total (mm)	212,42	450,53	776,74

Considerando a mais-valia, anteriormente concluída, de identificação e avaliação de situações de seca com base em valores de P acumulada ao longo do ano hidrológico, foi efectuada uma análise de P acumulada mensal das principais situações de seca, tomando por base os dados dos descritores estatísticos das Tabelas 4.58 a 4.60. Para tal, foi efectuada uma comparação entre os valores de P acumulada mensal dos anos de seca identificados e os valores acumulados, desde o início do ano hidrológico, dos valores mensais dos percentis P 25, P 50 e P 75. Os resultados obtidos são apresentados nas Figuras 4.62 a 4.64.

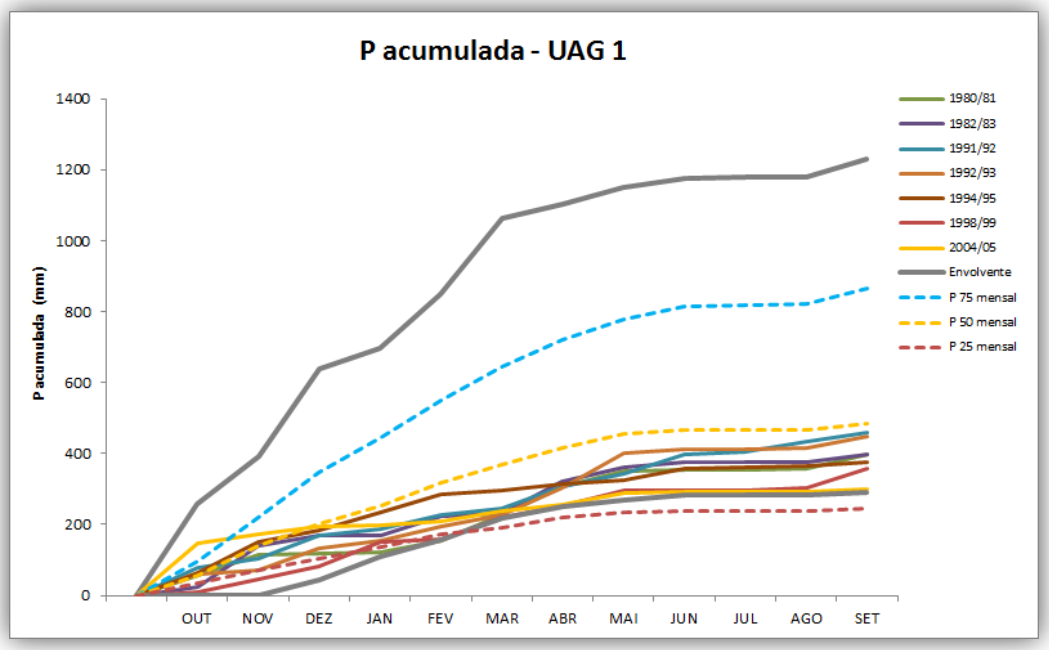


Figura 4.62: Avaliação da P acumulada nas principais situações de seca (UAG 1) e comparação com os valores acumulados mensais dos descritores P 25, 50 e 75.

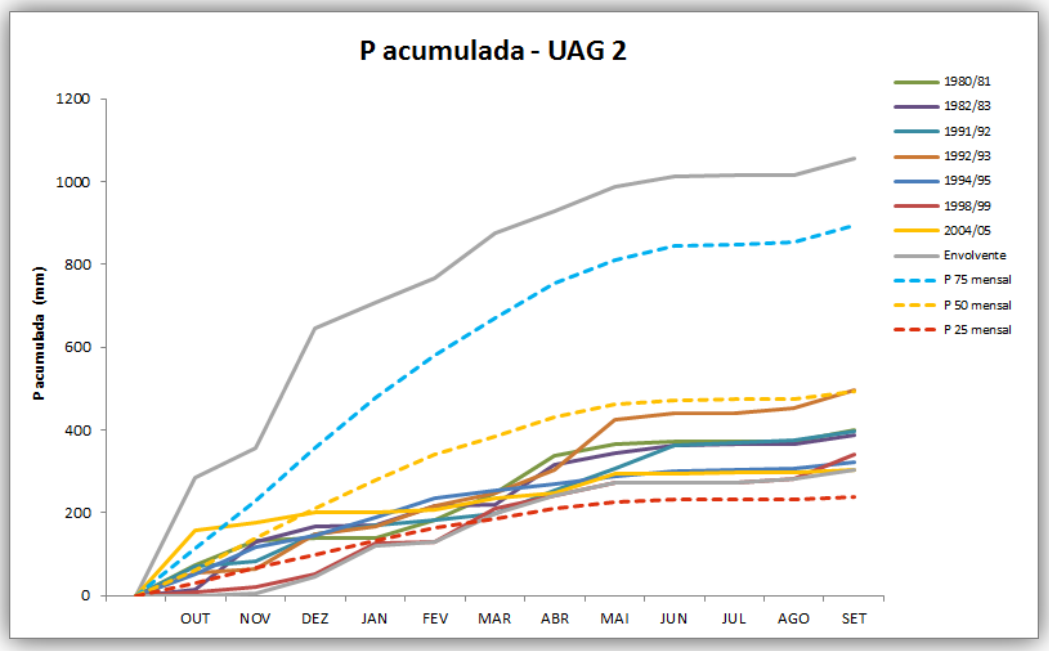


Figura 4.63: Avaliação da P acumulada nas principais situações de seca (UAG 2) e comparação com os valores acumulados mensais dos descritores P 25, 50 e 75.

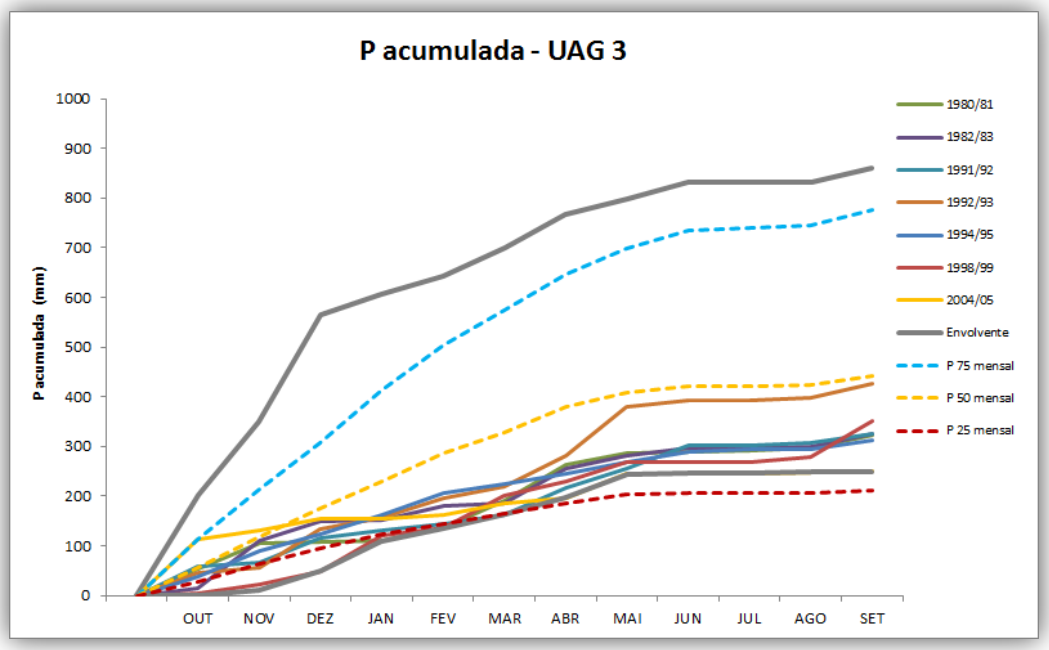


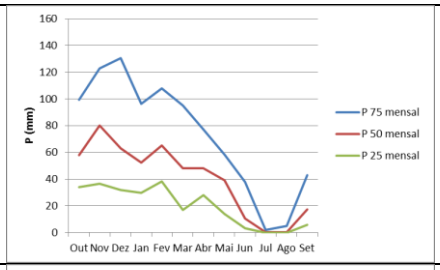
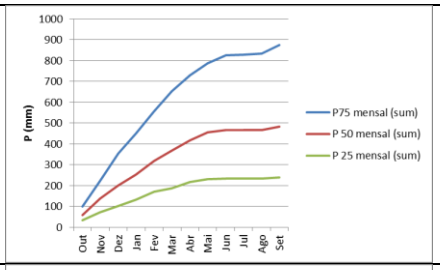
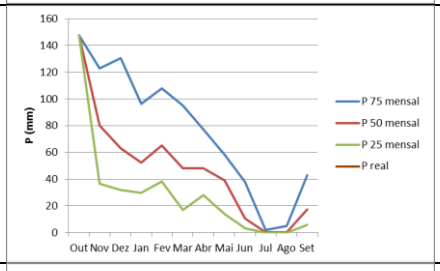
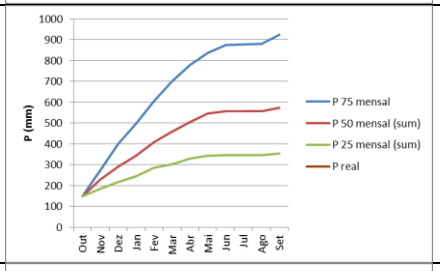
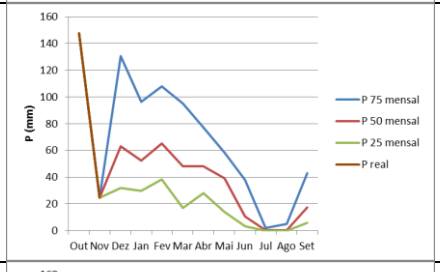
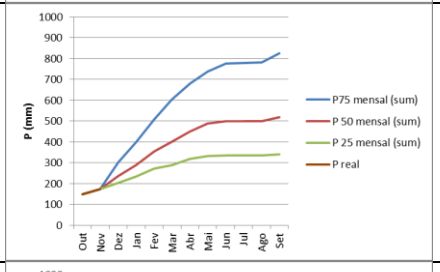
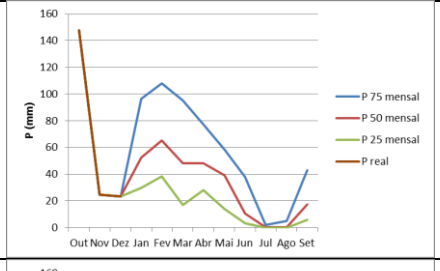
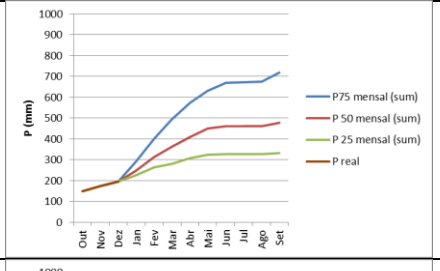
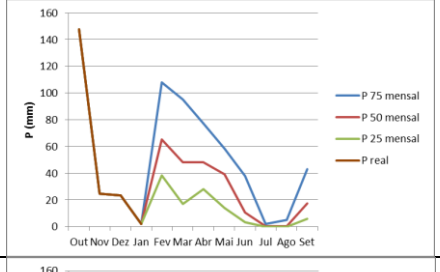
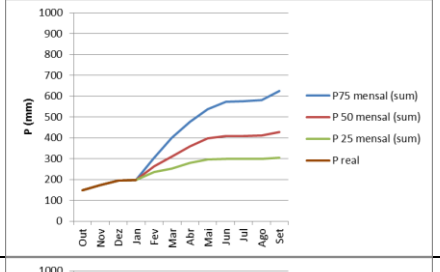
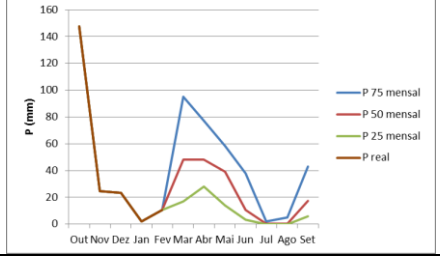
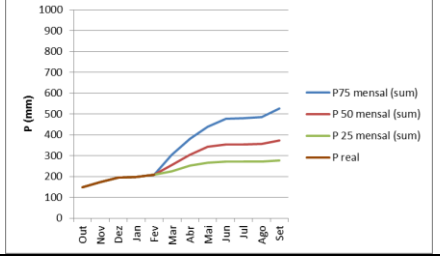
Figura 4.64: Avaliação da P acumulada nas principais situações de seca (UAG 3) e comparação com os valores acumulados mensais dos descritores P 25, 50 e 75.

Como é possível concluir da análise das Figuras 4.62 a 4.64, os valores de P acumulada de todas as situações de seca identificadas, nas 3 UAG, encontram-se, no final do ano hidrológico, no intervalo compreendido entre as linhas definidas pelos valores acumulados dos descritores P 50 e P 25 mensais. Por esse motivo, a linha correspondente ao P 50 mensal poderá ser considerada representativa do limiar ou alerta de seca, uma vez que todas as situações de seca com impactos mais significativos identificadas para os últimos 30 anos ficam abaixo dessa linha. Por outro lado, as linhas correspondentes aos valores acumulados, desde o início do ano hidrológico, dos P 25 e P 75 mensais, poderão ser representativos dos limites, inferior e superior, respectivamente, do intervalo de variabilidade da larga maioria de valores de P acumulada mensal, ao nível do ano hidrológico. As frequências de ocorrência correspondentes serão determinadas adiante.

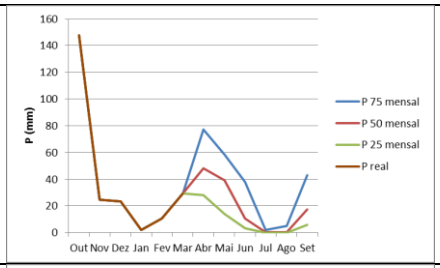
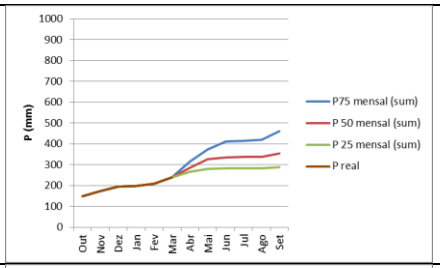
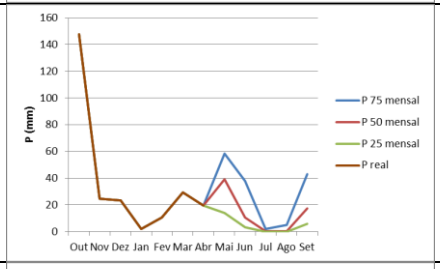
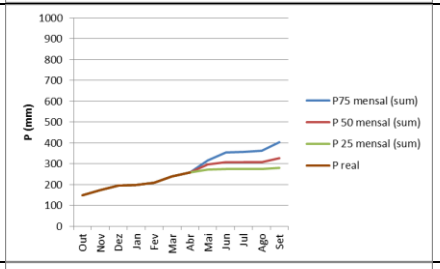
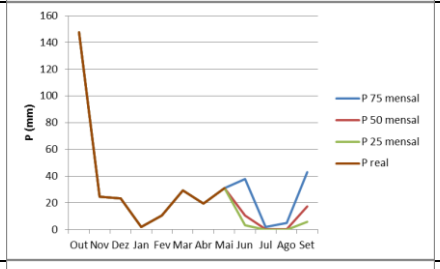
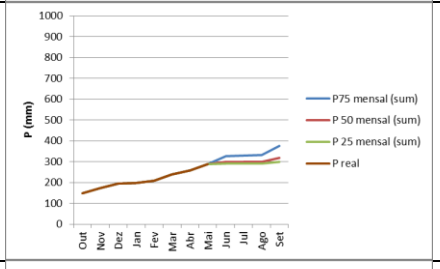
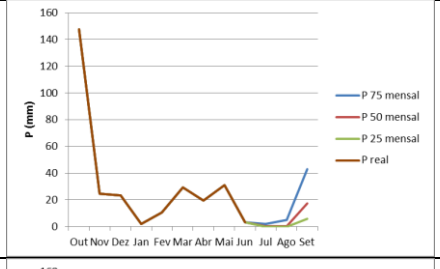
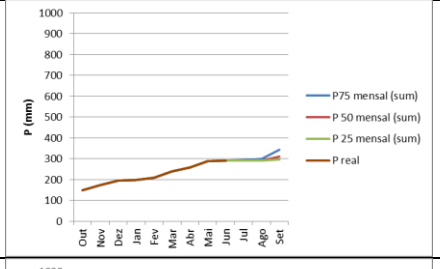
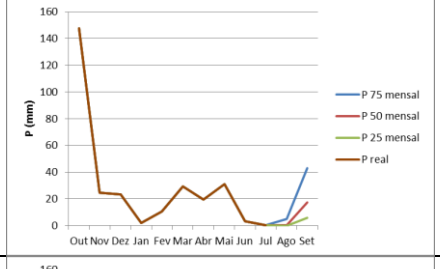
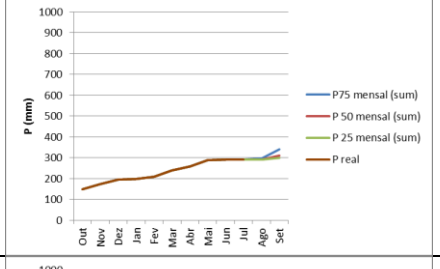
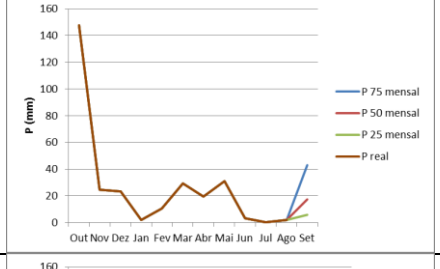
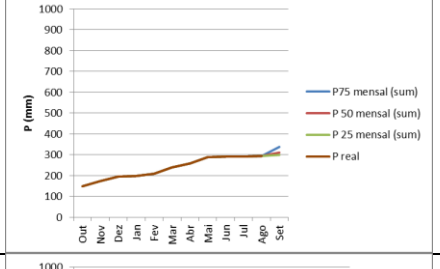
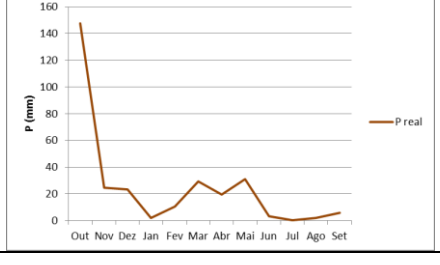
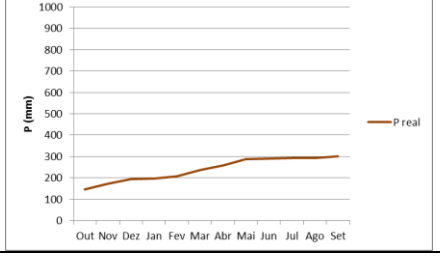
Assim, os cenários de possível evolução de P mensal poderão ser dados pelos valores dos P 25, 50 e 75 mensais. Para tal, atendendo à escala temporal de avaliação definido (ano hidrológico) considera-se que, no início do ano hidrológico, não sendo conhecidos, ainda, quaisquer valores de P mensal, serão considerados 12 valores de P mensal, segundo cada um dos cenários (de P 25, 50 ou 75 mensal). Neste caso, a P acumulada correspondente será igual, em cada UAG, aos valores acumulados dos percentis mensais 25, 50 e 75, representados nas Figuras 4.62 a 4.64. Porém, à medida que se for avançando no ano hidrológico, será possível ter em conta os valores reais de P mensal e diminuir a margem de erro nos diferentes cenários considerados, uma vez que os mesmos apenas irão ser utilizados para prever valores de P mensal nos meses em falta até ao final do ano hidrológico. Na Tabela 4.61 é apresentado um esquema exemplificativo de aplicação destes cenários à avaliação, em cada mês, do ano de

2004/05, para a UAG 1. Na coluna P mensal estão representados os valores de precipitação mensal segundo os diferentes cenários, enquanto na coluna P acumulada, está representada a correspondente P acumulada segundo os 3 cenários.

Tabela 4.61: Esquema de aplicação dos cenários de P mensal ao ano 2004/05, UAG 1[132]

Mês	P mensal	P acumulada
Início do ano hid.		
Out 04		
Nov 04		
Dez 04		
Jan 05		
Fev 05		

[132] Considera-se que a avaliação é efectuada ao final de cada mês

Mês	P mensal	P acumulada
Mar 05		
Abr 05		
Mai 05		
Jun 05		
Jul 05		
Ago 05		
Set 05		

Importa, todavia, salientar que existe, naturalmente, uma diferença significativa entre a frequência de ocorrência dos valores de P acumulada e a frequência de ocorrência dos valores de P mensal que lhes dão origem. Como exemplo dessa questão refira-se que, apesar de os valores mensais do descritor P 25 mensal terem todos, ao nível dos respectivos meses e face ao histórico de registos (1960/61 a 2009/10), 25% de frequência de não excedência, o somatório de 2 ou mais desses valores mensais terá uma frequência de não excedência correspondente, em termos de precipitação acumulada, inferior ou, no máximo, igual a 25%.

Ainda assim, além de ser uma consideração pelo lado da segurança, pois a frequência de não excedência da precipitação acumulada nunca será superior à estipulada ao nível mensal, a mesma permite a definição de valores de P mensal de forma independente da precipitação ocorrida nos meses anteriores ou da que se poderá verificar nos meses subsequentes, até ao final do ano hidrológico.

De modo a permitir um conhecimento prévio da frequência de não excedência de P acumulada, associada à consideração de um dado cenário, esses valores foram obtidos, de forma específica, para cada UAG, a partir do histórico de registos correspondente. Os resultados são apresentados sob a forma de matrizes, apresentando-se como exemplo, na Tabela 4.62, a matriz definida para a UAG 1. As matrizes correspondentes às UAG 2 e UAG 3 encontram-se, por sua vez, sistematizadas no Anexo 11. Essas matrizes possibilitam a determinação, de forma fácil e expedita, da frequência de não excedência da precipitação acumulada (colunas), tomando por base a frequência de não excedência dos valores de P mensal dos cenários considerados (linhas) (referente aos percentis 25, 50 ou 75 mensais).

Para melhor compreensão do esquema de leitura da mesma, refira-se por exemplo, que se está no final de um mês de Janeiro. Segundo o esquema geral de avaliação definido (representado na Figura 4.49) são conhecidos os valores reais de P mensal de Outubro a Janeiro (inclusive) e será necessário prever como poderá evoluir a P mensal desde o final desse mês e o final do ano hidrológico (i.e., de Fevereiro até Setembro). Seleccionando a linha de Fevereiro (mês de início de previsão) e considerando os cenários definidos pelos valores dos P 25, 50 e 75 mensais, poderemos verificar, através da Tabela 4.62, que o valor, em Setembro (coluna de Setembro), de frequência de não excedência da P acumulada corresponde a 2, 24 e 92%, respectivamente. Não obstante, se, por outro lado, se pretender conhecer a frequência de não excedência da P acumulada apenas dos meses de Fevereiro e Março (para completar a avaliação de sequeiro, por exemplo), tal surge representado na linha de Fevereiro, coluna de Março, correspondendo, para iguais percentis mensais, a 13, 48 e 73%, respectivamente.

Tabela 4.62: Matriz de determinação da frequência de não excedência de P acumulada, a partir dos cenários de P mensal (UAG 1)

UAG 1		Percentil mensal	Frequência de não excedência de P acumulada (cenários)											
			Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Mês de início de previsão	Out	25	25	18	13	9	5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
		50	50	40	45	45	37	35	30	28	30	29	29	27
		75	75	72	73	71	72	79	80	80	79	79	79	84
	Nov	25		25	17	11	11	6	4	4	3	3	3	3
		50		50	50	48	43	44	38	35	33	32	32	34
		75		75	74	72	72	79	78	78	79	79	79	80
	Dez	25			25	16	9	8	6	4	3	3	3	3
		50			50	45	43	40	41	31	29	29	28	21
		75			75	70	69	77	80	85	85	85	85	86
	Jan	25				25	17	9	4	4	3	3	3	3
		50				50	41	43	45	33	29	29	24	23
		75				75	77	82	83	87	87	88	90	91
	Fev	25					25	13	11	7	3	3	3	2
		50					50	48	41	34	28	27	26	24
		75					75	74	81	86	88	90	89	92
	Mar	25						25	11	7	<2	<2	<2	<2
		50						50	39	36	27	23	23	19
		75						75	86	90	89	89	90	96
	Abr	25							25	15	5	5	5	<2
		50							50	47	39	39	37	30
		75							75	77	81	80	78	88
	Mai	25								25	13	9	9	5
		50								50	42	38	31	30
		75								75	78	78	77	90
	Jun	25									25	21	10	4
		50									50	48	39	29
		75									75	73	74	82
	Jul	25										25	23	17
		50										50	30	39
		75										75	68	75
	Ago	25											25	21
		50											50	43
		75											75	72
	Set	25												25
		50												50
		75												75

Refira-se, no entanto, que, como as frequências de P acumulada são obtidas a partir da amostra de registos existente (50 anos), o valor mínimo será de 2%, correspondente à ocorrência, no período de registos considerado, de apenas um valor igual ou inferior ao avaliado. Por esse motivo, nos casos em que a P acumulada obtida a partir do somatório dos descritores de P mensal é inferior ao verificado nos 50 anos de registos, em período correspondente, considera-se que a frequência de ocorrência será inferior a 2%, não sendo possível quantificar,

todavia, o seu valor exacto. Não obstante, como tal só sucede para o somatório de valores do cenário P 25 mensal, considera-se que o mesmo poderá ser representativo de um limite extremo de intensidade de uma situação de seca.

Por fim, refira-se que o princípio de consideração do percentil 75 mensal passa, essencialmente, pela avaliação do valor máximo considerado admissível dos valores de precipitação mensal. Tal é especialmente relevante na avaliação dos cenários possíveis de evolução, de um dado mês até ao final do ano hidrológico. Como exemplo apresenta-se, na Figura 4.65, a previsão da possível evolução no ano de 2004/05, na UAG 1, no final do mês de Março.

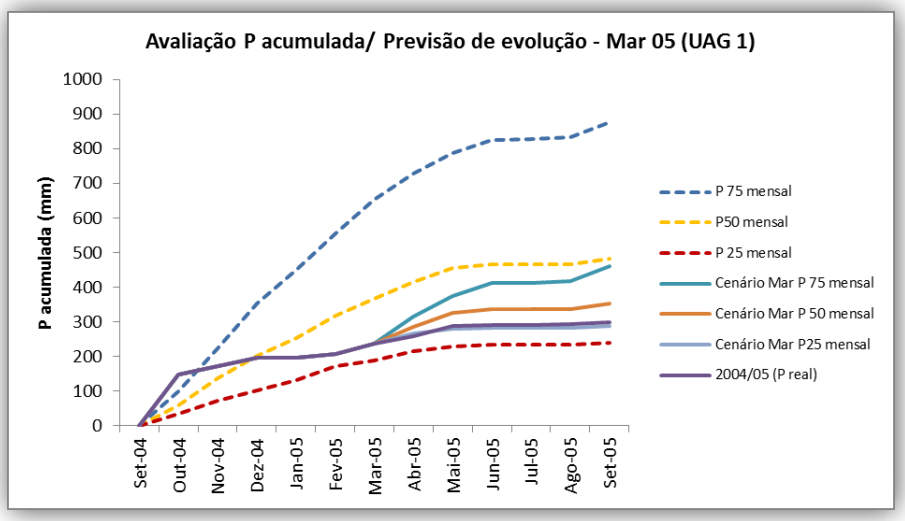


Figura 4.65: Avaliação de P acumulada e previsão de evolução até ao final do ano hidrológico, em Março de 2005, na UAG 1

Tal como se pode verificar pela Figura 4.65, em Março de 2005 já era previsível que, mesmo que a precipitação real, a partir desse mês, correspondesse ao expectável segundo o cenário de P 75 mensal, seria impossível recuperar de uma situação de seca, admitindo, tal como descrito anteriormente, o P 50 mensal como limiar, abaixo do qual se considera um alerta de seca e provável a ocorrência de impactos significativos nos principais sectores utilizadores.

4.4.1.3 Situação de referência

Uma vez definida a escala temporal de avaliação, bem como os cenários meteorológicos de base, a aplicação da metodologia de avaliação socioeconómica de impactos de seca necessita ainda da definição de um termo de comparação, a partir do qual se possa considerar a verificação de impactos devidos a situações de seca.

Assim, como as principais origens permitem o armazenamento de água para diferentes utilizações, não deverá ser considerado que se verifiquem impactos de seca, quando a precipitação desce imediatamente abaixo do valor mediano para a região e período em causa. Tal é igualmente perceptível pela análise de registos de impactos de seca, verificando-se que, apenas alguns anos foram alvo de uma avaliação mais acompanhada, dando origem a relatórios

de avaliação e gestão de seca[133]. Nesse sentido, foi considerado, no ponto anterior, que o cenário de P 50 mensal poderia constituir um importante limiar de seca, apesar de, à escala do ano hidrológico, este ter uma frequência de ocorrência que varia entre os 25 e os 30%, de acordo com a UAG (ver matrizes correspondentes Tabela 4.62 e Anexo 11).

Por outro lado, resulta evidente que o subsector da agricultura de sequeiro, ao contrário de outros, apresentará um decréscimo da produção face ao potencial máximo, em condições óptimas, logo que a precipitação desça abaixo dos valores medianos. Ainda assim, deverá considerar-se que a forte dependência, para a produção neste subsector, da precipitação verificada,[134] constitui um risco dessa actividade económica, que é assumido pelo agricultor, ao levar a cabo esta prática cultural, na região em causa, em detrimento, da agricultura de regadio (privado, ou público). Como tal, dada a natural variabilidade dos valores de precipitação em torno do valor mediano, e atendendo à documentação existente em relação a impactos de seca, considera-se que apenas poderão ser atribuídos às situações de seca os prejuízos verificados para situações em que, a precipitação anual fique abaixo do valor acumulado de precipitação em Setembro, segundo o cenário de P 50 mensal.

Por esse motivo, admite-se, para todos os sectores e subsectores, o cenário de P 50 mensal como situação de referência. Não obstante, nos sectores cujas disponibilidades dependem de armazenamento interanual (pequenas albufeiras, captações em sistemas aquíferos, ou albufeiras públicas), considera-se ainda, na situação de referência, a plena satisfação das necessidades associadas. Tal corresponde à existência, no início do ano hidrológico, dos volumes necessários e suficientes para, em conjunto com os recursos associados ao cenário de P 50 mensal, satisfazer todas as utilizações sem limitações. Consegue-se, desta forma, reproduzir uma eventual afectação do ano seguinte ao da situação de seca, por redução significativa dos volumes armazenados nas principais origens.

4.4.1.4 Quantificação da potencial afectação socioeconómica

A quantificação da potencial afectação socioeconómica devido a situações de seca será, então, conseguida pela avaliação, em cada mês, como se se estivesse no final do ano hidrológico, em Setembro. Para tal, são quantificadas as disponibilidades expectáveis para as diferentes utilizações, tendo por base os valores reais verificados de precipitação, volumes armazenados e níveis piezométricos, até ao mês da avaliação, bem como a simulação, desde o final desse mês até ao final do ano hidrológico, com base nos cenários de precipitação definidos pelos P 25, 50 ou 75 mensais, e correspondente modelação das disponibilidades nas origens[135].

No caso do sector agrícola[136], a quantificação da afectação socioeconómica é obtida pela redução do rendimento global dos diferentes subsectores (sequeiro, regadio público e regadio privado) em ano considerado de referência (P 50 mensal). Para tal é estimada a redução da produção em cada subsector, por limitação das disponibilidades, bem como os custos

[133] Ver Capítulo 3 (ponto 3.2) e Capítulo 4 (ponto 4.2.1).
[134] Tal como descrito no ponto 4.3.2.1.
[135] A descrever no ponto 4.5.
[136] Ver ponto 4.3.2.

acrescidos para aquisição de alimento para gado, no caso da afectação das pastagens (agricultura de sequeiro).

Para o sector do abastecimento urbano[137], a quantificação da afectação socioeconómica é obtida pela estimativa de custos acrescidos que seriam necessários à colmatação do défice quantificado para os sistemas de abastecimento da região, considerando-se, como medidas de base, o transporte de água por autotanque e, caso necessário, a execução de novos furos.

4.4.1.5 Afectação regional de seca

A afectação regional de seca será obtida por agregação (soma), ao nível da UAG, dos resultados socioeconómicos obtidos para os dois sectores utilizadores (agricultura e abastecimento urbano). Não obstante, a importância dos impactos globais na economia da região deverá ser apresentada de forma relativa (%), atendendo às características socioeconómicas da região, de modo a permitir a comparação entre diferentes situações de seca e, também, diferentes regiões.

Para isso foi considerada a determinação do Produto Interno Bruto (PIB) de cada UAG. Não existindo uma quantificação exacta desse valor, o mesmo poderá ser estimado a partir de informação do PIB *per capita* das regiões administrativas - NUTS III (INE, 2010b), e da população residente em cada UAG, admitindo uma distribuição espacial homogénea da população na área dos concelhos. Refira-se que a UAG 1 pertence à região Alto Alentejo, enquanto as UAG 2 e 3, estão localizadas na região Alentejo Central (Figura 4.66).



Figura 4.66: Subdivisão da região administrativa Alentejo segundo regiões NUTS III e municípios (INE, 2010b).

[137] Ver ponto 4.3.3.

O PIB por UAG resultou, então, do produto da população existente, em cada concelho, na área da UAG, pelo PIB *per capita* da região administrativa respectiva (Vivas *et al*, 2010b), sendo de 12.800 €/ hab, no caso da região Alto Alentejo e 13.300 €/hab, no caso da região Alentejo Central (INE, 2010b). O resultado final é apresentado na Tabela 4.63.

Tabela 4.63: Determinação do PIB por UAG (Vivas *et al*, 2010b)

CONCELHO	% Área UAG 1	% Área UAG 2	% Área UAG 3	PIB *per capita* (€/hab)	População no concelho (hab.)	PIB por Concelho (M€)	PIB UAG 1 (M€)	PIB UAG 2 (M€)	PIB UAG 3 (M€)
Portalegre	41%	-	-	12.800	23.448	300,13	123,06	-	-
Arronches	94%	-	-	12.800	3.201	40,97	38,51	-	-
Borba	-	57%	-	13.300	7.338	97,60	-	55,63	-
Campo Maior	98%	-	-	12.800	8.294	106,16	104,04	-	-
Elvas	0%	7%	-	12.800	21.978	281,32	0,00	19,69	-
Alandroal	2%	76%	22%	13.300	5.968	79,37	1,59	60,32	17,46
Arraiolos	-	-	5%	13.300	7.102	94,46	-	-	4,72
Vila Viçosa	32%	68%	-	13.300	8.627	114,74	36,72	78,02	-
Estremoz	-	-	10%	13.300	14.324	190,51	-	-	19,05
Monforte	8%	-	-	12.800	3.052	39,07	3,13	-	-
Évora	-	-	52%	13.300	54.469	724,44	-	-	376,71
Redondo	-	17%	82%	13.300	6.607	87,87	-	14,94	72,06
Reguengos	-	-	100%	13.300	11.594	154,20	-	-	154,20
Mourão	-	-	87%	13.300	3.395	45,15	-	-	39,28
Portel	-	-	53%	13.300	7.084	94,22	-	-	49,94
Moura	-	-	17%	13.300	16.022	240,33	-	-	40,86
						Total	**307,05**	**228,6**	**774,28**

Assim, para determinação da afectação regional de seca será efectuado um somatório das perdas verificadas nos diferentes sectores e subsectores, para cada UAG. O resultado final será avaliado pela importância relativa (%) dessas perdas globais, face ao PIB da UAG respectiva, determinado na Tabela 4.63.

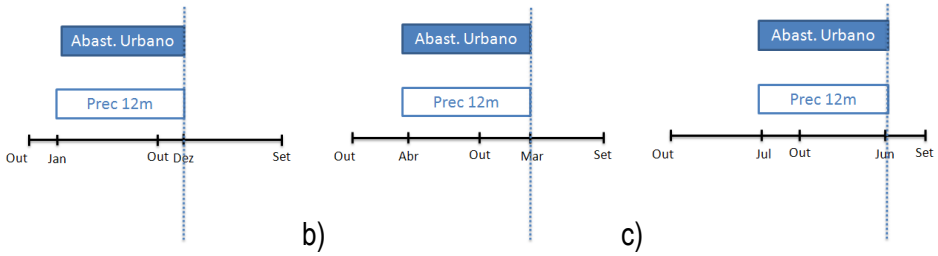
4.4.2 Avaliação da severidade de seca (situação actual)

Apesar de o esquema de gestão do risco de seca permitir um alerta prévio dos potenciais efeitos socioeconómicos de uma situação de seca, a aplicação de medidas deverá ter, também, por base uma avaliação dos impactos já ocorridos, até ao mês em análise, numa caracterização regular da severidade de seca. Por esse motivo, além do esquema de previsão das condições até ao final do ano hidrológico, que constituirá a avaliação de base, considera-se, ainda, um esquema de avaliação complementar com vista à avaliação da severidade de seca actual. Essa avaliação poderá, também, ser efectuada, mensalmente, aproveitando a mesma metodologia desenvolvida em ponto anterior (4.3) e alguns dos critérios (em especial a situação de referência e a quantificação da afectação socioeconómica) considerados no ponto 4.4.1. Porém, no caso da avaliação da situação actual, a abordagem seguida para o período temporal de avaliação deverá ser distinta do considerado no esquema de gestão do risco de seca, e diferenciado para o abastecimento urbano e para a agricultura.

De facto, com a avaliação da severidade de seca na situação actual (i.e., no mês de avaliação) pretende-se efectuar uma avaliação similar à efectuada no esquema de gestão do

risco de seca, descrita no ponto anterior (4.4.1), mas de modo a representar a importância dos impactos já ocorridos até ao momento. Para tal, deverão ser considerados dados do passado, num período temporal específico, e comparados os eventuais impactos socioeconómicos que sejam quantificados, com a situação de referência estipulada, que se admite idêntica à definida no ponto 4.4.1.3.

Assim, para o sector do abastecimento urbano verifica-se que a avaliação de impactos não terá de ser limitada a um período temporal restrito, ao contrário do que acontece com o sector agrícola, em que a produção de culturas se encontra limitada a um período específico (ano agrícola). Por esse motivo, e assumindo que poderá existir uma escala temporal própria para avaliação de impactos no sector do abastecimento urbano, foi considerada, para a avaliação da situação actual, a escala temporal dos 12 meses anteriores (incluindo a mês da avaliação), no sentido de avaliar os sobrecustos devidos à seca, no período considerado (Figura 4.67). Apesar de não ser fixada ao ano hidrológico, considera-se que esta avaliação é compatível com o esquema de gestão do risco de seca, uma vez que as escalas temporais têm a mesma duração (12 meses).



a) b) c)

Figura 4.67: Avaliação mensal da situação actual, no abastecimento urbano, em Dezembro (a), Março (b) ou Junho (c)

Por sua vez, o sector agrícola será sempre dependente da produção do ano em causa, i.e., não será possível considerar a avaliação de um período que envolva mais do que um ano agrícola específico, uma vez que as culturas existentes e os respectivos padrões de ocupação cultural serão distintos entre diferentes anos agrícolas. Por esse motivo, a avaliação do índice socioeconómico para o sector agrícola deverá ser fixada à escala do ano hidrológico (de 1 de Outubro a 30 de Setembro do ano seguinte), tal como indicado em 4.4.1.1, para quantificação da produção das culturas referentes ao ano em causa. No entanto, como apenas no final do ano agrícola será possível avaliar as produções efectivamente obtidas e determinar o respectivo rendimento económico, tal impossibilita uma avaliação mensal da afectação real da situação de seca neste sector.

Ainda assim, a falta de disponibilidades em alturas críticas do desenvolvimento da cultura (identificadas em 4.3.2, em especial na agricultura de sequeiro), bem como a menor frequência de ocorrência de valores elevados de precipitação na segunda metade do ano hidrológico, tal como caracterizado em 4.2.1 e 4.4.1.2, permitirá que num dado mês do ano hidrológico, de acordo com o verificado desde o início do mesmo (Outubro) se possa aferir, se a produção das culturas pode estar irremediavelmente reduzida, mesmo que as disponibilidades, a partir desse momento e até ao final do ano hidrológico, possam vir a superar o P 50 mensal. Por esse motivo, para avaliação mensal do sector agrícola considerou-se a utilização de uma estimativa, com base no esquema de gestão do risco de seca, atendendo à potencial afectação

da produção, no final do ano hidrológico. Para tal, admite-se que os meses cuja precipitação ainda não é conhecida, seguirão o cenário correspondente à situação de referência (P 50 mensal), tal como se ilustra na Figura 4.68. Desta forma, a eventual afectação de seca, caso exista, será reflexo dos valores já conhecidos de precipitação real e das demais variáveis instrumentais, desde o início de Outubro, e não pelos meses em falta até ao final do ano hidrológico.

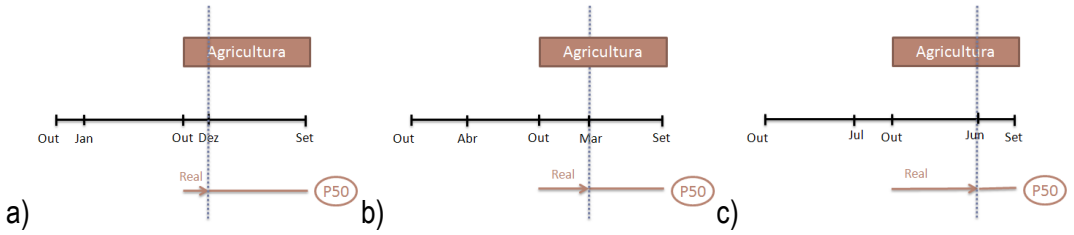


Figura 4.68: Avaliação mensal da situação actual, na agricultura, em Dezembro (a), Março (b) ou Junho (c).

Tal esquema corresponde, no fundo, a considerar os resultados do cenário P 50 mensal, definido para o esquema de gestão do risco de seca. Ainda assim, atendendo aos indicadores considerados na metodologia desenvolvida, a avaliação socioeconómica do sector agrícola traduzirá, efectivamente, a situação real a partir do final de Abril, para o subsector do sequeiro e no final de Setembro, para o regadio público e privado.

4.5 Modelação da zona em estudo

A modelação numérica pode auxiliar o processo de gestão de recursos hídricos através da simulação do estado das diversas origens de água, face a cenários meteorológicos e de utilizações (Tallaksen & van Lanen, 2004; AQUASTRESS, 2005; USGS, 2008).

Esses modelos podem servir quer à simulação de longo prazo, no âmbito da gestão e planeamento de recursos hídricos (Brandão & Rodrigues, 2000; Álvarez *et al*, 2005; Maia & Schumann, 2007), quer à prevenção e gestão de situações de seca, em especial se aplicados à avaliação de indicadores/ índices que possibilitem uma previsão atempada de potenciais impactos de seca sobre as diferentes utilizações da água (Loucks, 2006; Andreu *et al*, 2007).

No caso da metodologia de avaliação desenvolvida na presente tese, os modelos serão especialmente relevantes para a simulação da evolução das disponibilidades nos diferentes tipos de origens disponíveis na região em estudo. Nesse sentido, destacam-se, nas origens de água subterrâneas, as captações no Maciço Antigo Indiferenciado, bem como as captações nos diferentes sistemas aquíferos da região (Elvas-Campo Maior, Elvas-Vila Boim, Estremoz-Cano); no caso das águas superficiais, as pequenas albufeiras (de iniciativa privada), bem como as albufeiras públicas (Caia, Lucefecit, Vigia, Monte Novo e Alqueva).

Importa, entretanto, referir o seguinte: (i) a tarefa de modelação pode assumir níveis de complexidade elevados e ser bastante morosa, (ii) o principal objectivo da presente tese consiste

na aferição e validação da metodologia de avaliação socioeconómica proposta, e (iii) verifica-se uma considerável falha de dados em relação às origens em causa, quer na caracterização, quer na sua monitorização continua, devidamente descrita em 4.2 e nos pontos 4.5 seguintes, o que limita consideravelmente as opções de modelação. Por estes motivos foram consideradas metodologias de modelação tanto quanto possível simplificadas, tendo os resultados obtidos sido, de uma forma geral, bastante razoáveis. Não obstante poderá vir a ser considerada, para desenvolvimento futuro, a potencial aplicação de métodos mais complexos e pormenorizados, desde que estejam disponíveis mais e melhores dados para calibração dos mesmos.

4.5.1 Águas subterrâneas – Captações no Maciço Antigo Indiferenciado

A região em estudo surge, essencialmente, integrada na zona da Ossa Morena, do Maciço Antigo, sendo, globalmente, constituída por rochas metassedimentares e eruptivas com escassa aptidão aquífera. Apenas se verificam algumas pequenas formações aquíferas, livres e descontínuas, cujas produtividades são bastante limitadas, enquanto as taxas de recarga não ultrapassam, excepto em formações pontuais (como é o caso dos sistemas aquíferos descritos no ponto seguinte), os 4 a 5% da precipitação ocorrida na área (Almeida *et al,* 2000). Por outro lado, tal como indicado nos pontos 4.2, 4.3.2 e 4.3.3, na região em estudo não é efectuado qualquer tipo de monitorização de níveis piezométricos na área indiferenciada deste Maciço, o que, desde logo, limita a capacidade de avaliação das disponibilidades nas captações existentes nessa área.

Assim, dadas as fracas capacidades de armazenamento dessa área, foi admitido no presente trabalho que, em cada ano, as disponibilidades corresponderão, aproximadamente, à recarga anual. Por outro lado, como a recarga anual é directamente dependente dos níveis de precipitação verificados, as disponibilidades, em situação de seca, serão também directamente afectadas. Na falta de melhor indicação, foi considerado que a redução das disponibilidades seria de proporção igual à correspondente redução dos níveis de precipitação anual, face à precipitação expectável na situação de referência. Na Tabela 4.64 apresentam-se, para as 3 UAG, a série de valores de P anual, no período de 1960/61 a 2009/10, e a respectiva proporção de disponibilidades, face à situação de referência apontada (total anual dos valores de precipitação mensal do cenário de P 50 mensal). Não obstante, a metodologia de avaliação das disponibilidades em situação normal, ou de referência, neste tipo de captações foi efectuada de forma distinta, de acordo com o sector utilizador a que se destinam: regadio privado, ou abastecimento urbano.

Tabela 4.64: Proporção de disponibilidades com base na P anual, face à situação de ref.

	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	P (mm)	%	P (mm)	%	P (mm)	%
Sit. Ref.	483,7489	1,00	492,2538	1,00	441,8449	1,00
1960/61	832,7303	1,72	811,8472	1,65	720,6883	1,63
1961/62	910,0969	1,88	794,453	1,61	655,2947	1,48
1962/63	731,7886	1,51	831,2566	1,69	815,3031	1,85
1963/64	910,0497	1,88	910,2027	1,85	817,542	1,85
1964/65	384,96	0,80	453,9562	0,92	443,1946	1,00
1965/66	994,4974	2,06	941,8636	1,91	791,3444	1,79
1966/67	520,3542	1,08	533,5225	1,08	521,6244	1,18
1967/68	575,3993	1,19	609,7055	1,24	551,9362	1,25
1968/69	1231,747	2,55	1057,183	2,15	861,2213	1,95
1969/70	631,5983	1,31	769,6947	1,56	716,4338	1,62
1970/71	515,5209	1,07	573,4369	1,16	530,0353	1,20
1971/72	514,7896	1,06	506,3989	1,03	419,2623	0,95
1972/73	549,5059	1,14	613,5552	1,25	497,1638	1,13
1973/74	503,004	1,04	531,4255	1,08	401,8658	0,91
1974/75	467,9399	0,97	496,3464	1,01	412,1544	0,93
1975/76	535,1197	1,11	577,0693	1,17	470,5737	1,07
1976/77	736,8362	1,52	830,422	1,69	644,3796	1,46
1977/78	861,8832	1,78	847,6907	1,72	673,8708	1,53
1978/79	873,0623	1,80	862,6272	1,75	698,2018	1,58
1979/80	593,8232	1,23	625,8924	1,27	501,3919	1,13
1980/81	396,874	0,82	399,9649	0,81	323,748	0,73
1981/82	560,6704	1,16	554,615	1,13	452,4524	1,02
1982/83	398,2676	0,82	387,0687	0,79	324,4827	0,73
1983/84	850,8173	1,76	728,6298	1,48	582,3883	1,32
1984/85	775,9274	1,60	815,251	1,66	656,461	1,49
1985/86	561,8161	1,16	595,715	1,21	467,8159	1,06
1986/87	553,5665	1,14	569,9799	1,16	500,6519	1,13
1987/88	722,1368	1,49	712,5743	1,45	633,355	1,43
1988/89	474,3105	0,98	572,5138	1,16	535,9126	1,21
1989/90	862,1522	1,78	889,2907	1,81	796,8003	1,80
1990/91	661,7107	1,37	594,9408	1,21	524,2003	1,19
1991/92	458,1283	0,95	396,3115	0,81	326,017	0,74
1992/93	446,6077	0,92	496,4685	1,01	426,8526	0,97
1993/94	580,4015	1,20	557,6337	1,13	487,3584	1,10
1994/95	377,0979	0,78	322,9415	0,66	312,5149	0,71
1995/96	980,023	2,03	992,4765	2,02	837,4248	1,90
1996/97	709,0477	1,47	743,4195	1,51	641,4636	1,45
1997/98	945,1676	1,95	959,7812	1,95	811,9577	1,84
1998/99	357,4481	0,74	341,3101	0,69	352,5562	0,80
1999/00	594,7383	1,23	539,968	1,10	455,6343	1,03
2000/01	970,1747	2,01	945,0458	1,92	843,0588	1,91
2001/02	463,605	0,96	469,4847	0,95	564,8873	1,28
2002/03	525,4738	1,09	453,0404	0,92	464,4882	1,05
2003/04	550,0429	1,14	533,5544	1,08	467,9664	1,06
2004/05	299,8275	0,62	301,9583	0,61	249,1819	0,56
2005/06	559,844	1,16	553,7227	1,12	504,2906	1,14
2006/07	665,8472	1,38	571,3888	1,16	536,3686	1,21
2007/08	477,5658	0,99	467,4976	0,95	415,9257	0,94
2008/09	289,5371	0,60	322,3706	0,65	303,0118	0,69
2009/10	577,0886	1,19	429,6909	0,87	536,9031	1,22

4.5.1.1 Esquema de avaliação para o sector agrícola (regadio privado)

No caso do sector agrícola, verifica-se que não existe uma indicação do número total de captações existentes para regadio, na região em estudo. Não obstante, como estas captações resultam de iniciativa privada, poderá assumir-se que as áreas de regadio privado, dependentes deste tipo de captações, apresentarão, em condições normais, um equilíbrio entre necessidades e disponibilidades, isto é, estarão feitas as captações necessárias e suficientes à satisfação das necessidades de rega em condições normais de disponibilidade hídrica.

Assim, admite-se que, na situação de referência, as disponibilidades deste tipo de captações são suficientes para satisfação das necessidades das áreas de regadio associadas. Este pressuposto admite já a existência de alguma folga, uma vez que a situação de referência é inferior à situação mediana, tal como descrito no ponto 4.4.1. Por outro lado, em situação de seca, essas disponibilidades serão reduzidas na mesma proporção da redução da precipitação anual, face à situação de referência.

Como demonstração do método considerado, admita-se a situação do ano de 2004/05, na UAG 1. Nesta área, o total de necessidades hídricas para as culturas de regadio privado dependentes do MAI, corresponde a cerca de 15.92 hm^3/ano (tal como identificado na Tabela 3.20). Por outro lado, enquanto em situação de referência, na UAG 1, são expectáveis 483.75mm de precipitação anual, no final do ano hidrológico, verificou-se que a precipitação acumulada real, em Setembro de 2005, foi de, apenas, 299.83 mm (cerca de 62 % da precipitação anual de referência). Assim, assumindo uma igualdade entre as disponibilidades em ano de referência e as necessidades hídricas de rega para estas áreas, verifica-se que as disponibilidades na situação de seca de 2004/05 foram de, apenas 9.87 hm^3, correspondente a um défice de 6.05 hm^3.

4.5.1.2 Esquema de avaliação para o Abastecimento Urbano

No caso das captações para o sector do abastecimento urbano, poderá, também, admitir-se que, em situação de referência, as mesmas serão capazes de satisfazerem os consumos a elas associados, quantificados pelos volumes associados às captações identificadas, nesta área, segundo os dados do INSAAR (INAG, 2004; 2005; 2006; 2007; 2008 e 2009).

Assim, atendendo ao caracterizado em 4.3.3, verifica-se que, tomando como base os sistemas de abastecimento dependentes de captações do MAI existem, fundamentalmente, dois tipos de sistemas, influenciando o funcionamento dos mesmos, no que toca à flexibilidade de utilização de mais do que uma origem: os sistemas autónomos e os sistemas integrados. Em qualquer dos casos, deverá ser avaliada a existência de captações de recurso, i.e., para funcionamento específico em situações excepcionais como é o caso de situações de seca.

Assim, nos sistemas com captações de recurso, foi considerado que a disponibilidade em situação de seca é reforçada pela entrada em funcionamento das mesmas, de forma complementar aos furos em serviço. O procedimento seguido para simulação desse efeito foi (exemplificado com base nos valores correspondentes para a UAG 2, no sistema isolado do concelho do Alandroal, no ano de 2004/05): (i) determinação da produtividade média por furo em

serviço, em situação normal (0.005 hm^3/furo/ano), que se admite ser igual à situação de referência, dividindo o total de volumes captados (0.010 hm^3/ano), pelo número de captações em serviço (2); (ii) determinação da afectação dessa produtividade em situação de seca, por avaliação da proporção da precipitação anual face à situação de referência (62%); (iii) obtenção das disponibilidades em situação de seca (0.0093hm^3/ano), multiplicando a produtividade reduzida (0.005 x 0.62 = 0.0031 hm^3/furo/ano), pelo número de furos total (nº de furos em serviço + nº de furos de recurso = 3), admitindo que todos os furos apresentam o mesmo tipo de produtividade em situação de seca. Não obstante, foi ainda admitido que os consumos para o sector do abastecimento urbano poderão ser reduzidos, por poupança e sensibilização da população, até um valor de 5% do volume anual. Assim, e em caso de défice, o valor do mesmo será obtido pela diferença entre as disponibilidades reduzidas e as necessidades quantificadas por 95% dos consumos.

Porém, nos sistemas em que não existem captações de recurso, foi admitido que as captações existentes se encontram dimensionadas com alguma folga de capacidade, para satisfação das utilizações existentes em ano normal. Assim, para esses casos, foi considerada uma disponibilidade em ano normal equivalentes aos consumos mais elevados quantificados pelos dados do INSAAR (Tabelas 4.52 a 4.54), mas acrescidos de uma margem de 20%. Tomando, mais uma vez, como exemplo a situação de seca de 2004/05, na UAG 3, no concelho de Mourão, o valor das disponibilidades nestes sistemas nesse ano foi de cerca de 0.413 hm^3, isto é, 62% de 0.667 hm^3, valor correspondente aos consumos em situação de referência (0.556hm^3 - ver Tabela 4.54), acrescido de uma margem de 20%. Tal como no caso dos sistemas com furos de recurso, foi admitido que se poderá considerar uma redução de 5% nos consumos em situação de seca, fazendo com que a existência de défice apenas se verifique quando as disponibilidades são inferiores a 95% dos consumos.

Por fim, no caso dos sistemas integrados, o procedimento de avaliação das captações do MAI deverá ser similar ao descrito, inclusive no que toca ao procedimento de avaliação dos sistemas com furos de recurso. Não obstante, os eventuais défices, nestas origens, passarão, neste caso, a constituir um aumento das necessidades a suprir pelas origens com maior capacidade, tal como se descreverá nos pontos seguintes.

Importa ainda referir que, nos sistemas integrados servidos, simultaneamente, por captações no MAI e por origens com superiores capacidades de armazenamento, considerou-se que, apesar de mais vulneráveis, as captações no MAI se mantêm em funcionamento, uma vez que as mesmas possuem valores associados no INSAAR, no que toca aos volumes captados (Tabelas 4.52 a 4.54), e atendendo a que, por norma, estas captações se localizam mais próximas das áreas servidas pelas mesmas.

4.5.2 Águas subterrâneas – Captações em Sistemas aquíferos

4.5.2.1 Esquema geral

Tal como referido anteriormente[138], para estimativa das disponibilidades nos sistemas aquíferos em que existe monitorização, admitiu-se que estes apresentam um comportamento similar ao de um reservatório. De facto, a variação de níveis de água nestes aquíferos estará dependente do balanço entre os volumes de entrada (recarga) e os de saída (captações, evapotranspiração e descargas) (Bowen, 1980; Kashef, 1987), pelo que, admitindo uma secção rectangular constante, poderá ser considerado um modelo teórico simplificado (Figura 4.69).

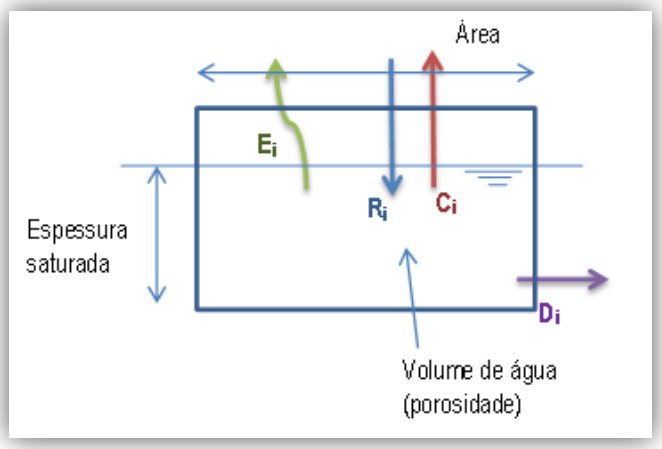


Figura 4.69: Modelo teórico simplificado utilizado na modelação dos sistemas aquíferos.

Neste modelo, o volume do sistema aquífero, num determinado mês, é dado por [4.14]:

$$V_i = V_{i-1} + R_i - C_i - D_i - E_i \qquad [4.14]$$

sendo:

V_i – volume no final do mês i.

V_{i-1} – volume no final do mês i-1.

R_i – recarga no mês i.

C_i – captações no mês i.

D_i – descargas naturais no mês i.

E_i – perdas por evapotranspiração da camada saturada no mês i.

No entanto, as perdas por evapotranspiração da camada saturada são de difícil quantificação, e serão mais significativas quando os níveis de água estiverem mais próximos da superfície e houver um coberto vegetal significativo (Kashef, 1987; Hassan, 2008). Por esse motivo será considerado que as perdas por evapotranspiração terão mais significado nos meses

[138] Ver pontos 4.3.2 e 4.3.3.

em que os níveis piezométricos são mais elevados, tal como no caso das descargas de águas subterrâneas (igualmente de difícil quantificação), pelo que poderão ser estimadas conjuntamente por uma parcela equivalente que se designou por perdas ($Pd_i = D_i + E_i$). Assim, a variação de volumes entre meses sucessivos será, globalmente, dada pela recarga ocorrida, diminuída das captações e das perdas verificadas nesse período.

Por outro lado, para estabelecer uma correspondência entre a variação de volumes e a variação de níveis piezométricos deverá ser quantificado o volume útil, passível de ser ocupado pela água subterrânea. Para isso foi considerado que o volume de água existente num sistema aquífero corresponde à multiplicação da área do mesmo, em planta, pela espessura da camada saturada (admitindo uma secção constante), afectado do respectivo coeficiente de armazenamento que, no caso dos sistemas aquíferos da região em estudo (na sua maioria não confinados), corresponde, praticamente, à porosidade eficaz (Kashef, 1987; LNEG, 2010).

Assim, a variação de níveis piezométricos poderá, caso necessário, ser obtida a partir da variação dos volumes do aquífero, a nível mensal, dividindo, estes últimos, pela área do aquífero e pelo coeficiente de armazenamento. De igual forma, poderão ser quantificados os volumes de entrada e de saída do aquífero a partir dessa variação de níveis piezométricos. Para tal, a partir dos dados de caracterização de cada sistema aquífero (em especial área, coeficiente de armazenamento, taxas de recarga, eventuais quantificações de consumos associados, ou, até, de descargas verificadas) serão aferidas as parcelas da equação de balanço definida em [4.14].

Porém, para avaliação dos sistemas aquíferos como um reservatório único, a avaliação de balanço deverá ser feita através de um nível piezométrico global, para todo o sistema. Pela falta de dados piezométricos identificada no ponto 4.2.4, o nível piezométrico global foi estimado a partir da média dos piezómetros seleccionados, para cada sistema aquífero, nesse ponto. Se houver um número razoável de piezómetros (considerando razoável uma densidade de 1 piezómetro por cada 10km^2 de área do sistema aquífero) e/ou estes forem suficientemente afastados e dispersos pela área global do aquífero, considera-se que a aproximação é correcta.

Este método simplificado foi aplicado à modelação dos sistemas aquíferos da região em estudo (Vivas *et al*, 2010), nomeadamente, na UAG 1, o Elvas-Campo Maior e o Elvas-Vila Boim e, na UAG 2, o Estremoz-Cano, segundo um procedimento que é descrito nos pontos seguintes.

4.5.2.2 Sistema aquífero Elvas – Campo Maior

O processo de modelação do sistema aquífero Elvas-Campo Maior, passou por: (i) caracterização e preparação dos dados de *input*, (ii) avaliação de um nível piezométrico global médio, (iii) ajuste e calibração do modelo e (iv) avaliação de resultados.

I) Caracterização do aquífero e preparação de dados de input

O processo de modelação assentou numa prévia caracterização do sistema aquífero Elvas-Campo Maior, nomeadamente: (a) no que diz respeito às características físicas e fisiográficas (áreas total e de recarga, espessura do aquífero e coeficiente de armazenamento), (b) bem como à quantificação das entradas de água no sistema (recarga) e (c) de saída (em

especial as captações). No caso das perdas, representando a evapotranspiração e descargas, dada a dificuldade de quantificação desta parcela, foi considerada uma determinação por via indirecta (modelação inversa) depois de aferidas todas as outras componentes.

a) Características físicas e fisiográficas do aquífero

As características gerais do aquífero Elvas-Campo Maior foram retiradas de Almeida *et al* (2000a) e encontram-se sumariadas na Tabela 4.65.

Tabela 4.65: Características do aquífero Elvas-Campo Maior (Almeida *et al*, 2000a)

Características gerais	Área	176 km^2
	Área recarga	176 km^2
	Coeficiente armazenamento	Sem dados
	Espessura aquífero	10 – 60m (dependendo das zonas)

No que toca à espessura, em Almeida *et al* (2000a) é referido que a mesma poderá ser muito variável de acordo com os perfis verificados nos furos de caracterização efectuados. Não obstante, para a presente modelação do sistema aquífero, considerado como um reservatório, foi considerada uma espessura média de 35 m (face ao intervalo apresentado na Tabela 4.65).

Saliente-se, ainda, a inexistência de dados relativos ao coeficiente de armazenamento. Não obstante, uma vez que este coeficiente influencia principalmente a amplitude dos níveis piezométricos, é possível, numa fase posterior, optimizar a aproximação obtida. Segundo LNEG (2010) este parâmetro varia entre 0,01 e 0,04 neste tipo de sistemas aquíferos, pelo que foi adoptado, como valor de partida, 0,025 (média).

b) Entradas de água no sistema (recarga)

Em primeiro lugar, foi necessário determinar a série de precipitação mensal ponderada sobre o aquífero, calculada por ponderação das precipitações dos postos mais próximos do sistema aquífero, através das áreas de influência definidas pelos respectivos polígonos de *Thiessen* (Figura 4.70).

Tratando-se de um sistema aquífero poroso, a recarga faz-se, essencialmente, por drenância directa, a partir da precipitação, sendo a área de recarga coincidente com a área total. Os recursos hídricos correspondentes à recarga anual deverão situar-se entre os 9hm^3/ano e os 15 hm^3/ano, correspondendo a uma taxa de recarga entre 10 a 15% da P anual (Almeida *et al*, 2000a), tendo, todavia, sido admitida a aplicação da mesma taxa à quantificação da recarga mensal.

Assim, no processo de modelação, os valores de recarga mensal foram obtidos multiplicando a precipitação mensal ponderada, pela área do aquífero e pela taxa de recarga que, em primeira aproximação, se considerou igual à média do intervalo apontado anteriormente, i.e., 12,5% (Tabela 4.65).

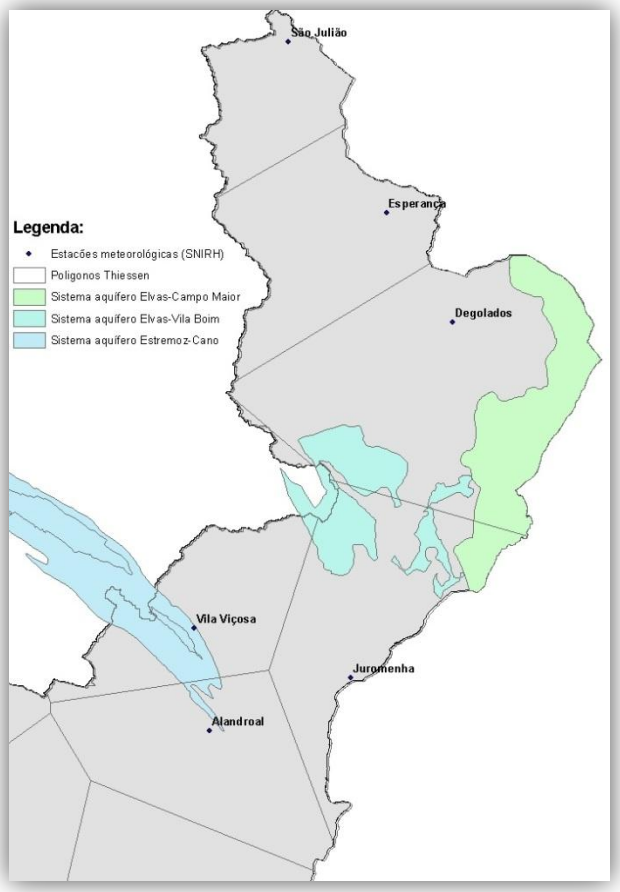


Figura 4.70: Polígonos de *Thiessen* dos postos com influência na determinação da precipitação mensal ponderada sobre os sistemas aquíferos Elvas-Campo Maior, Elvas-Vila Boim e Estremoz-Cano (parte da bacia do Guadiana)

c) Saídas do sistema (Captações e perdas)

Em Almeida *et al* (2000a) não existe uma quantificação específica das descargas. Ainda assim, é apontado que o sistema aquífero será fortemente excedentário, descarregando directamente para os rios Caia, Xévora e Caiola. Como tal, esta parcela será determinada, em conjunto com as perdas por evaporação, por via indirecta, com a aferição das demais parcelas da equação de balanço mensal. Para isso, foi considerado que as perdas são determinadas por uma taxa afecta aos valores de precipitação. Tal corresponde a admitir que as descargas terão mais significado nos meses mais chuvosos (quando, tendencialmente, os níveis piezométricos são mais elevados) e que essas mesmas descargas, e também as perdas por evaporação, serão menos significativas nos meses menos chuvosos (quando, tendencialmente, os níveis piezométricos estão mais baixos). Na falta de dados em relação a esta matéria assume-se, como ponto de partida, uma taxa de perdas de cerca de 5% da P anual, valor que será aplicado, tal como a taxa de recarga, aos valores de precipitação mensal.

Por outro lado, os volumes de água captados foram avaliados de forma específica, atendendo aos sectores utilizadores principais (abastecimento urbano e agricultura).

No que toca ao sector agrícola, segundo a quantificação efectuada pela U.Évora no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a e 2010b), os volumes anuais dependentes do sistema aquífero Elvas-Campo Maior (regadio privado) correspondem a cerca de 5,35 hm^3/ ano (Tabela 3.20), atendendo à ocupação cultural definida para as áreas de regadio privado dependentes do presente sistema aquífero[139]. Os respectivos valores mensais, definidos a partir das necessidades das culturas existentes nessas áreas, são apresentados na Tabela 4.66.

Tabela 4.66: Necessidades (hm^3) para o sector agrícola dependentes do sistema aquífero Elvas-Campo Maior (adaptado de Serralheiro *et al*, 2010b)

Nec agrícolas	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total
(hm^3)	0,101	0	0	0	0	0,144	0,358	1,028	1,287	1,183	0,868	0,380	5,349

Em relação aos volumes para abastecimento doméstico verifica-se, segundo o apontado nas Tabelas 3.20, 4.51 e 4.52, uma importância muito reduzida, contabilizando cerca de 0,004hm^3/ ano. Por esse motivo, e atenta também a ordem de grandeza das captações, referidas para o sector agrícola, foi desprezada, para objecto da presente modelação, a parcela de captações para o sector do abastecimento urbano a partir deste sistema aquífero.

II) Avaliação do nível piezométrico médio

Tal como descrito no ponto 4.2.4, foram avaliados 3 de 6 piezómetros com dados para este sistema aquífero (387/4, 400/7 e 414/70) (SNIRH, 2010). A escolha dos piezómetros teve por base o estado dos mesmos (foram considerados apenas os piezómetros activos) e a extensão temporal de registos, sendo considerado que, apesar de serem em número reduzido (correspondendo a uma densidade de monitorização de apenas 1 piezómetro por cada 58 km^2 de área do aquífero), a localização dos mesmos (Figura 4.25), dispersos pela área do aquífero, permite obter uma aproximação razoável do nível piezométrico médio.

Por outro lado, dado o elevado número de falhas verificado no período avaliado (1998/99 a 2009/10), foi efectuado um procedimento de colmatação de falhas, através de equações de regressão entre os registos de cada piezómetro e a média global obtida a partir destes. O objectivo foi o de permitir, mesmo na falha de um, ou mesmo de dois, registos mensais dos piezómetros considerados, definir uma estimativa para o nível piezométrico global. Assim:

- foi determinada a média aritmética dos níveis piezométricos, para os meses em que os 3 piezómetros possuem registos;
- considerando os registos obtidos no ponto anterior, foram estabelecidas equações de regressão entre os registos de cada piezómetro e os valores da média global correspondente.

[139] Ver ponto 4.3.2.

Além disso, foram ainda definidas equações de regressão entre as diferentes combinações de soma de registos de dois piezómetros e a média global[140] (Tabela 4.67);

Tabela 4.67: Equações de regressão entre os registos dos piezómetros e a média global – Elvas-Campo Maior

Piezómetros de base (X - registos)	Média Global dos 3 piezómetros (Y)	
	Equação	R^2
387/4	Y= 0,457.X + 96,527	0,6708
400/7	Y= 0,4842.X + 90,325	0,6402
414/70	Y= 1,0799.X – 1,245	0,2269
387/4+400/7	Y= 0,3516.X + 49,67	0,981
387/4+414/70	Y= 0,4418.X + 24,397	0,7613
400/7+414/70	Y= 0,45.X + 20,456	0,6895

- para completar os registos desses três postos foram utilizadas as equações de regressão definidas nos meses em que existiam registos de, pelo menos, um piezómetro. Nos meses em que existem registos de dois piezómetros, foi escolhida a equação com maior R^2 das equações disponíveis (uma por cada piezómetro e ainda outra definida a partir da soma dos registos desses dois piezómetros). Por outro lado, refira-se que não foram consideradas equações de regressão com um coeficiente de determinação inferior a 0,5 (ex. equação que toma por base os dados do piezómetro 414/70). Como tal, nos meses em que apenas essa equação permitiria definir a média global, os mesmos permaneceram como falhas. Além disso, nos meses em que não existem quaisquer registos de níveis piezométricos, os mesmos permaneceram, obviamente, como falhas.

Na Figura 4.71 é representada a evolução mensal da série de dados completados para o nível piezométrico médio global do sistema aquífero Elvas-Campo Maior, bem como o seu posicionamento relativo face à superfície do terreno, obtido pela média da cota do terreno dos 3 piezómetros avaliados. Os dados mensais correspondentes são apresentados no Anexo 12.

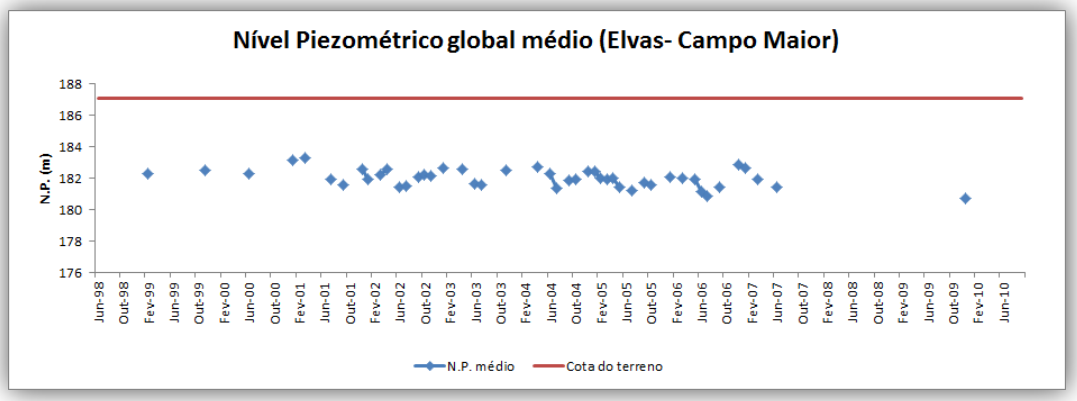


Figura 4.71: Nível piezométrico global médio (aquífero Elvas-Campo Maior) completado para o período de análise (1998/99 a 2009/10)

[140] Em lugar da soma de registos dos dois piezómetros poderia, também, ser usada a média desses registos. A única diferença residirá no declive da recta de regressão obtida, uma vez que os valores de ordenadas corresponderão à média global dos 3 piezómetros, mantendo-se a ordenada na origem e o coeficiente de determinação.

Da análise da Figura 4.71 é possível verificar o elevado número de falhas existente realçando, por um lado, a vantagem de uma possível modelação deste tipo de variáveis, para uma estimativa dos valores em falta, mas impondo, por outro lado, uma dificuldade acrescida na calibração e validação do modelo, por falta de valores de comparação.

III) Modelação do sistema aquífero

Atendendo às características identificadas no ponto (I), bem como ao nível piezométrico médio global determinado no ponto (II), foi efectuada uma simulação dos níveis de água no aquífero, para o período de registos (de Fevereiro de 1999 a Dezembro de 2009).

Como variáveis de calibração foram admitidos: (a) o coeficiente de armazenamento, (b) a taxa de recarga e ainda (c) a parcela de perdas (descargas e evapotranspiração da camada saturada). Para o coeficiente de armazenamento foi, então, admitido o valor de 0.025 como ponto de partida, de um intervalo de valores admissíveis de 0,01 a 0,04; para a taxa de recarga foi apontado um valor de 12,5% de um intervalo de valores possíveis, entre os 10 e os 15%; e, por fim, no que diz respeito às perdas (descargas e perdas), e não existindo qualquer tipo de quantificação, foi adoptado um valor base de 5% da precipitação total, sendo esta taxa limitada a um valor positivo, inferior à taxa de recarga.

O processo de modelação foi efectuado, tomando como ponto de partida o primeiro registo real de NP global (Fevereiro de 1999) e fazendo, sequencialmente, um balanço mensal dos volumes de entrada (recarga) e de saída (perdas e consumos) do sistema aquífero. A tradução desse balanço mensal em variações de níveis piezométricos é efectuada através da divisão dos volumes obtido pela área do sistema aquífero, afectada do correspondente coeficiente de porosidade.

O ajuste dos parâmetros (variáveis de calibração) para uma melhor representação dos valores reais de NP, foi efectuado com base num processo de optimização, utilizando um método não linear e não uniforme (*Evolutionary*), da ferramenta *Solver*, do *Microsoft Excel* 2010. Como função-objectivo foram consideradas duas hipóteses de base e correspondentes tentativas. A primeira, de maximização do coeficiente de determinação (R^2), atende à relação entre as variabilidades dos valores de níveis piezométricos simulados e dos níveis piezométricos médios obtidos a partir dos registos dos piezómetros. A segunda, de minimização do resíduo, correspondente à soma do quadrado das diferenças entre os valores simulados e os valores observados de NP global.

Na primeira tentativa (Figura 4.72), verifica-se um importante paralelismo entre o gráfico de NP real e o de NP calculados. Porém, apesar de corresponder a ser obtido o melhor R^2, existe um desfasamento significativo entre os valores reais e os valores calculados, em especial a partir do ano de 2003/04. De facto, como o R^2 procura quantificar a parcela de variabilidade dos NP reais que são representados pelos NP calculados, a maximização deste parâmetro, de forma isolada, tenderá a aproximar a tendência global de evolução do gráfico de NP, e não tanto a proximidade de valores, a nível mensal, entre os NP reais e os NP calculados.

Por outro lado, no processo de minimização do resíduo (Figura 4.73), verificando-se uma maior aproximação entre os valores de NP calculados e os NP reais (confirmada pelo menor

resíduo), a tendência de evolução dos NP calculados difere, analiticamente, mais dos NP reais do que o verificado no processo de maximização do R^2 (pois verifica-se uma redução do correspondente valor de R^2, face à primeira hipótese).

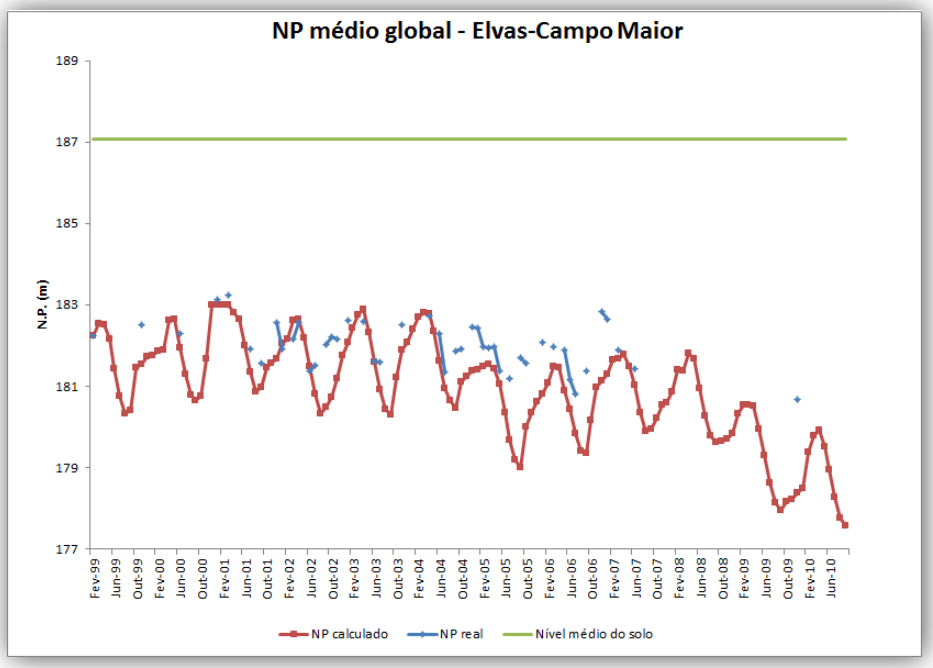


Figura 4.72: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Elvas-Campo Maior (maximização do R^2)

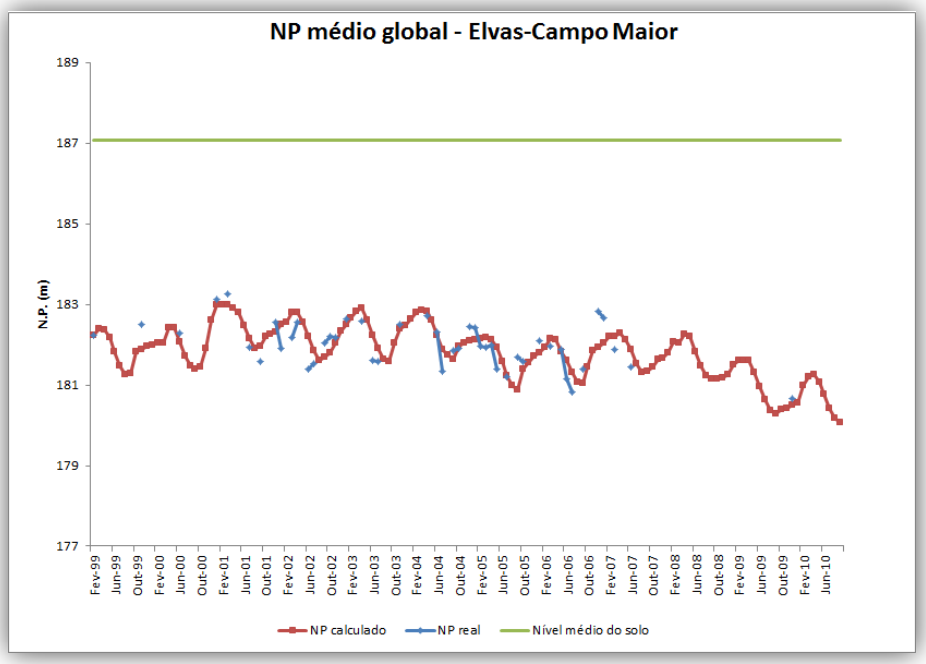


Figura 4.73: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Elvas-Campo Maior (minimização do resíduo)

Como tal, foi considerada uma terceira hipótese, através de um ajuste do coeficiente de armazenamento (que, essencialmente, influencia a amplitude do gráfico, i.e. a diferença entre os valores máximos e mínimos) e da taxa de perdas (que influencia a tendência geral de evolução (sendo crescente, se correspondente a balanços positivos consecutivos e acumulação de água subterrânea ou decrescente, se os balanços negativos tendem a superiorizar-se, levando a uma depleção das águas subterrâneas). Esse ajuste foi efectuado por tentativa-erro, a partir dos resultados obtidos com a tentativa de minimização de resíduo (2ª tentativa), procurando maximizar o valor de R^2 correspondente. Os resultados obtidos apresentam-se na Figura 4.74.

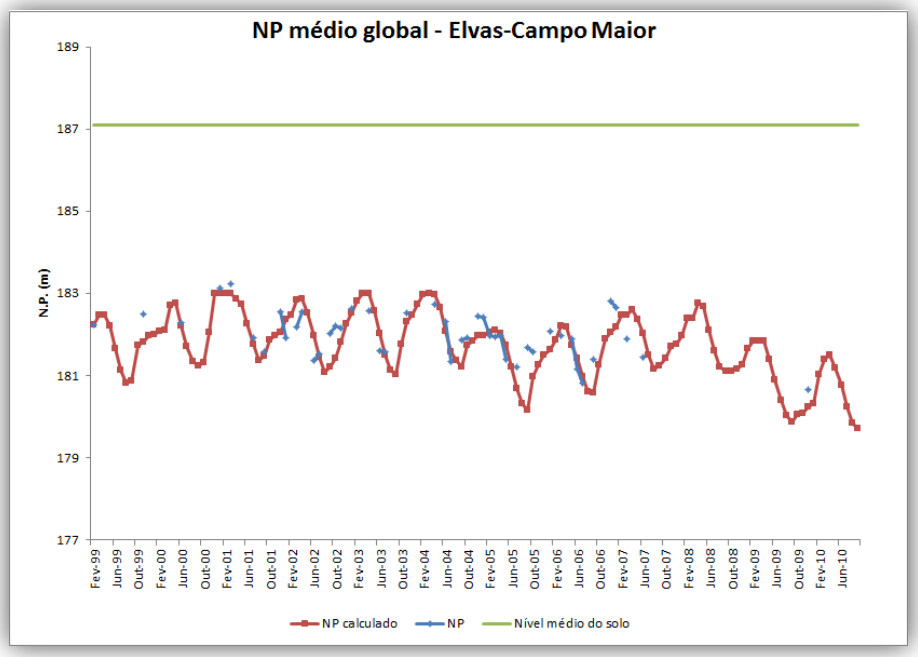


Figura 4.74: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Elvas-Campo Maior (equilíbrio entre a minimização do resíduo e a maximização do R^2)

Os resultados do valor de resíduo e de R^2 obtidos das 3 tentativas de calibração, são apresentados na Tabela 4.68, bem como os respectivos valores de taxa de recarga, de coeficiente de armazenamento e de taxa de perdas.

Tabela 4.68: Parâmetros analisados e respectivos resultados para as tentativas de calibração do modelo de simulação dos níveis de NP global do aquífero Elvas-Campo Maior.

Parâmetro	1ª Tentativa (max R^2)	2ª Tentativa (min Res)	3ª Tentativa (equil R^2 e Res)
Taxa de recarga	12,48%	12,07%	12,00%
Coeficiente de armazenamento	0,0100	0,0195	0,0130
Taxa de perdas (desc + ETP)	5,88%	5,55%	5,00%
Resultados	**1ª Tentativa (max R^2)**	**2ª Tentativa (min Res)**	**3ª Tentativa (equil R^2 e Res)**
R	0,755	0,739	0,740
R^2	0,570	0,546	0,547
Resíduo (m^2)	41,60	7,10	10,41

Da análise das Figuras 4.75 a 4.77, bem como da Tabela 4.68, é possível verificar que, apesar de possuir um R^2 menor do que a 1ª tentativa, bem como um resíduo mais elevado do que a 2ª tentativa, a 3ª tentativa é a que permite obter um melhor equilíbrio entre a tendência de evolução dos NP calculados e a minimização da diferença desses valores, face aos NP reais.

Não obstante, verifica-se, em qualquer dos casos, que os valores de R^2 não são muito elevados (cerca de 0,55) o que reflecte a dificuldade na calibração e ajuste do modelo, face aos poucos dados de NP reais existentes. Ainda assim, os valores reduzidos de resíduo apontam para uma razoável proximidade dos valores de NP calculados face aos NP reais (sendo a maior diferença, entre estes valores, de cerca de 1,52m).

Por fim, para validação da ordem de grandeza da parcela de perdas, importa referir que, segundo Hassan (2008), para a zona de Pisões (bacia do Sado, aquífero Gabros de Beja), verificou-se que as saídas correspondentes à evaporação da camada saturada, em conjunto com as descargas do sistema aquífero para a superfície, ou outras massas de água subterrânea, correspondem a cerca de 0,28 mm/dia, para uma média de precipitação anual de 510 mm/ano. Tais valores correspondem a uma taxa de perdas de cerca de 20%, para uma taxa de recarga de cerca de 37%. Não obstante, é apontado que parte desse valor (0,18mm/dia) poderão corresponder a descargas para o rio Sado, ou a captações desconhecidas, em especial para rega. Ainda assim, se 0,1mm/dia (= 0,28 – 0,18) forem representativos da parcela de evaporação da camada saturada, tal significa uma taxa de evaporação de cerca de 7% da precipitação ocorrida na região. Sendo certo que cada sistema aquífero apresenta características próprias, levando a uma quantificação específica desse valor para cada caso, a ordem de grandeza deste valor parece confirmar a razoabilidade do valor obtido (cerca de 5% para evapotranspiração e descargas) para o sistema aquífero de Elvas-Vila Boim.

Como tal, apesar de se tratar de um modelo com bastantes simplificações, poderá considerar-se que, na falta de melhores dados de caracterização do sistema, bem como de monitorização do mesmo (registos de níveis piezométricos), este modelo poderá ser utilizado para estimar a evolução do nível piezométrico global do sistema aquífero Elvas-Campo Maior, bem como para estimativa das disponibilidades existentes.

IV) Avaliação de disponibilidades

Na linha do referido anteriormente, a avaliação das disponibilidades deverá atender à simulação do comportamento do sistema aquífero, considerado similar à de um reservatório.

Assim, para quantificação dos volumes de água disponíveis, é necessário, por um lado, atender à espessura do sistema aquífero. Segundo os dados de caracterização resumidos no ponto I), a espessura do aquífero Elvas-Campo Maior poderá variar entre os 10 e os 60 m, de acordo com a zona do mesmo. Procurando definir um esquema de reservatório rectangular foi considerada uma espessura média de cerca de 35 m.

Por outro lado, importa verificar a profundidade do nível da água, face à superfície do terreno. Analisando os dados de NP global, é possível verificar que os níveis mais altos registados correspondem a uma cota de cerca de 183 m. Face ao nível médio do solo de aproximadamente 187 m (calculado como a média de altitude correspondente à localização dos

piezómetros avaliados), verifica-se uma diferença de cerca de 4 m. Assim, a profundidade máxima da base do aquífero, face ao nível médio do solo será de cerca de 39 - 40m, correspondente a uma cota de 148 m.

Admitindo que as captações existentes no sistema aquífero poderão atingir a base do aquífero (dada a reduzida profundidade do mesmo), será possível considerar a profundidade máxima do sistema aquífero (os 39 m, em média) como limite de exploração das disponibilidades existentes.

Assim, apesar de, actualmente, se verificar uma folga significativa para a satisfação das utilizações dependentes deste sistema aquífero (atendendo às variações do nível piezométrico global face ao limite de exploração considerado), deverá ser previsto um esquema de avaliação, ao nível do ano hidrológico, para estimativa de disponibilidades para os diferentes sectores utilizadores, atendendo ao esquema de avaliação socioeconómica dos impactos de seca, definido nos pontos 4.3 e 4.4.

As disponibilidades para os diferentes sectores utilizadores serão contabilizadas admitindo um balanço anual dos volumes existentes no sistema aquífero. O volume disponível será resultado do volume existente no início do ano hidrológico (em Outubro), calculado a partir do NP médio real, nesse mês, mais os volumes de entrada expectáveis para esse ano (recarga, em função da precipitação anual), menos as saídas naturais do sistema (perdas e evaporação, igualmente em função da precipitação anual). Apesar de ser determinado com base no volume existente no início do ano, este valor pode ir sendo ajustado ao longo do ano, através do valor de precipitação, de acordo com a real precipitação verificada e/ou o cenário de precipitação considerado.

Sendo o volume inicial (V_i) dado por: (i) área (A) do sistema aquífero (176 km^2), (ii) a altura (h) igual à diferença entre o NP médio (real ou calculado) e a cota 148 m, (iii) o coeficiente de armazenamento apurado na modelação efectuada para este sistema aquífero (0,013), e (iv) as taxas de recarga (0,12) e de perdas (0,05), igualmente dadas pela modelação efectuada, as disponibilidades (em hm^3) serão obtidas a partir da expressão [4.15], sendo NP dado em (m) e P anual em (mm):

$$Disp = V_i + R - P_d$$
$$= (A * h_i * p) + 0{,}12 * P\ anual * A - 0{,}05 * Panual * A$$
$$= 176 * \left[(NP - 148) * 0{,}013 + 0{,}07 * \frac{P\ anual}{1000}\right](hm^3) \qquad [4.15]$$

4.5.2.3 Sistema aquífero Elvas – Vila Boim

O sistema aquífero Elvas-Vila Boim sofreu um processo de modelação idêntico ao adoptado para o aquífero Elvas-Campo Maior.

I) Caracterização do aquífero e preparação de dados de *input*

a) Características físicas e fisiográficas do aquífero

Tratando-se de um sistema complexo, o aquífero Elvas-Vila Boim possui características mistas de cársico e fissurado, com porosidade dupla, apresentando-se, na sua maior parte, como aquífero livre (Almeida *et al*, 2000b). Além disso, segundo o mesmo documento, é um sistema heterogéneo, com 6 sectores distintos em termos geológicos, geomorfológicos e topográficos, embora não exista uma identificação geográfica dos mesmos. Ainda assim, é referida a existência de circulação de água entre os diferentes sectores, controlada por fracturação e, eventualmente, alguma carsificação (condutas). Tal é reforçado pela análise das principais direcções de fluxo de água subterrânea, na direcção de afluentes do rio Guadiana (Figura 4.75), onde o sistema aquífero surge representado por duas áreas isoladas.

Assim, não obstante as características de heterogeneidade destacadas para este sistema aquífero, foi considerada a hipótese de modelação, segundo um procedimento idêntico ao levado a cabo para o aquífero Elvas-Campo Maior.

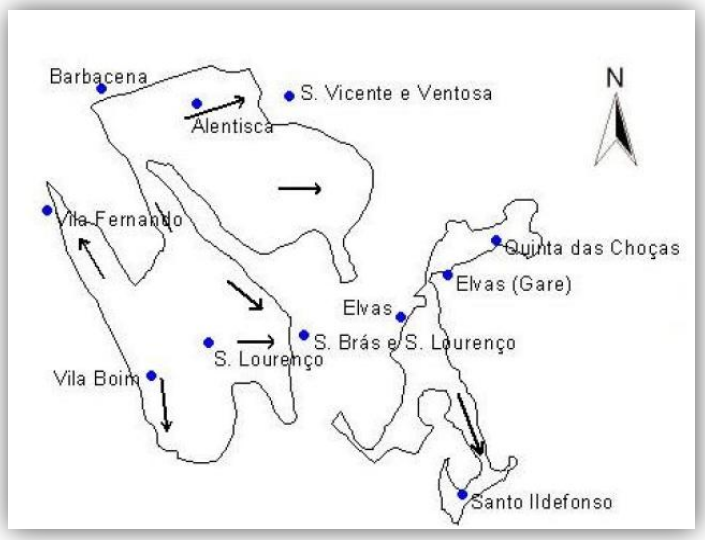


Figura 4.75: Principais direcções de fluxo de água subterrânea no sistema aquífero Elvas-Vila Boim (Almeida *et al*, 2000b)

As principais características do aquífero Elvas-Vila Boim encontram-se sumariadas na Tabela 4.69, tendo por base Almeida *et al* (2000b).

Tabela 4.69: Características do aquífero Elvas-Vila Boim (Almeida *et al*, 2000b)

Características gerais	Área	113 km^2
	Área recarga	113 km^2
	Coeficiente armazenamento	0,014 (apenas 1 ponto de ensaio)
	Espessura aquífero	200 m

Em relação ao coeficiente de armazenamento, é apresentado um valor, determinado com base apenas num único ensaio de caudal, de 0,014. Porém, como LNEG (2010) aponta que este parâmetro pode variar entre 0,01 e 0,04, em sistemas aquíferos livres, será esse o valor de partida, podendo, no entanto, ser admitido um ajuste dentro daquele intervalo.

No que toca à espessura, como é referido em Almeida *et al* (2000b) poderão verificar-se espessuras máximas de 250m, tendo sido admitido um valor médio de 200m.

b) Entradas de água no sistema (recarga)

Apresentando algumas características cársicas, a recarga faz-se essencialmente por drenância a partir da precipitação, sendo a área das formações carbonatadas de cerca de 113 km^2. A recarga do presente sistema aquífero (Almeida *et al*, 2000b) ronda os 17 hm^3/ano, correspondendo a uma taxa de cerca de 25% da P anual.

A série de precipitação mensal ponderada sobre o aquífero foi, também neste caso, calculada por ponderação das precipitações dos postos mais próximos do sistema aquífero, através das áreas de influência definidas pelos respectivos polígonos de *Thiessen* (Figura 4.70).

Os valores de recarga mensal foram quantificados, no processo de modelação, multiplicando os valores de precipitação mensal ponderada, pela área total do aquífero e pela taxa de 25%.

c) Saídas do sistema (Captações e perdas)

Em relação às descargas, Almeida *et al* (2000b) refere que as exsurgências são perenes, embora de caudal reduzido, comparado com outros sistemas carbonatados do Alentejo. De facto, é apontado que, nas 16 nascentes identificadas, os caudais máximos variam entre os 0,4 l/s e os 10l/s.

Assim, tal como para Elvas-Campo Maior, não havendo uma quantificação expressa desta parcela, a mesma será determinada, em conjunto com as perdas por evaporação, por via indirecta, na aferição das diferentes parcelas da equação de balanço mensal. Como ponto de partida será adoptado o valor de 0,05 de P anual.

No que toca aos volumes de água captados para o abastecimento urbano verifica-se, segundo o apontado nas Tabelas 3.20, 4.51 e 4.52, valores na ordem dos 0,23 a 0,27 hm^3, a nível anual (variável entre 2002 e 2008). No entanto, verifica-se que, nos dados de 2008 do INSAAR (INAG, 2009), o único ano para o qual existem dados de volumes mensais, os valores associados às captações localizadas neste sistema aquífero correspondem à divisão do volume anual por 12 meses. Tendo sido considerado pouco realista que, todos os meses (inclusive no Verão) sejam extraídos exactamente os mesmos volumes de água para abastecimento urbano desta origem de água, foi efectuada uma análise de todas as captações para abastecimento urbano existentes na região em estudo, tendo-se verificado que, as captações que apresentam valores diferenciados ao longo do ano estão em sistemas dos concelhos de Redondo, Mourão, Portel e Évora. A partir dos valores mensais associados a essas captações foi efectuada uma

análise da distribuição relativa (%) dos volumes mensais, face aos respectivos totais anuais, e efectuada uma média por concelho (Figura 4.76).

Importa referir que, no caso do concelho de Redondo, a distribuição mensal representada corresponde a apenas uma captação, localizada na albufeira da Vigia, estando integrada num sistema com outras origens. Por esse motivo, verifica-se um reduzido volume captado no mês de Março, ou mesmo nulo, no mês de Fevereiro.

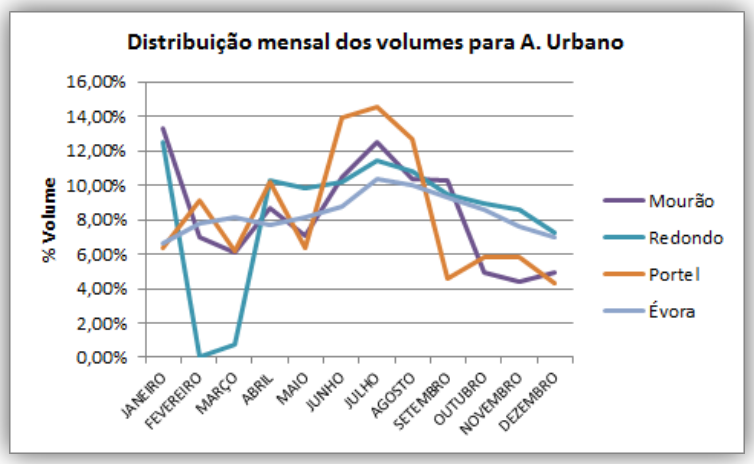


Figura 4.76: Distribuição mensal dos volumes para abastecimento urbano em alguns concelhos da região em estudo (INAG, 2009).

Assim, para definição de uma distribuição mensal representativa da região em estudo, foi considerada a média das distribuições relativas dos concelhos representados, excluindo o concelho do Redondo. A distribuição considerada surge, então, representada na Tabela 4.70.

Tabela 4.70: Distribuição mensal relativa (%) de volumes mensais para A. Urbano

Meses	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
% Vol.	6,44%	5,92%	5,42%	8,75%	7,96%	6,83%	8,87%	7,21%	11,07%	12,46%	11,00%	8,06%

Uma vez que, tal como identificado na Tabela 4.52, os valores de volumes captados anualmente neste sistema aquífero são relativamente próximos (0,23 – 0,27 hm^3/ano), foi admitida a extracção de um valor anual constante ao longo de todo o período de avaliação, para o sector do abastecimento urbano, igual ao valor de volume mais recente (2008) de 0,23 hm^3/ano. Desta forma, os volumes mensais considerados para este sector são dados pela Tabela 4.71.

Tabela 4.71: Necessidades mensais (hm^3) para os sistemas de abastecimento urbano dependentes do sistema aquífero Elvas-Vila Boim.

Consumos	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total
(hm^3/mês)	0,0147	0,0135	0,0124	0,0200	0,0182	0,0156	0,0202	0,0164	0,0252	0,0284	0,0251	0,0184	0,228

No que toca ao sector agrícola, segundo a quantificação efectuada pela U.Évora, no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a e 2010b), os volumes anuais dependentes do sistema aquífero Elvas-Vila Boim (regadio privado) correspondem a cerca de 1,04 hm^3/ ano (Tabela 3.20). Atendendo à ocupação cultural definida para as áreas de regadio privado dependentes desse sistema aquífero[141] e às respectivas dotações das culturas e eficiência dos métodos de rega, os valores mensais de necessidades de rega, dependentes do presente sistema aquífero, são apresentados na Tabela 4.72.

Tabela 4.72: Necessidades mensais (hm^3) para o sector agrícola dependentes do sistema aquífero Elvas-Vila Boim (adaptado de Serralheiro *et al*, 2010b)

Nec agrícolas	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total
(hm^3)	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,051	0,074	0,184	0,260	0,245	0,171	0,045	1,036

II) Avaliação do nível piezométrico médio

Neste sistema aquífero foram avaliados 5 piezómetros: 4 na área Oeste (399/12, 413/54, 413/78, 413/123) e apenas um na área Este (414/45)[142] (SNIRH, 2010). Apesar de os piezómetros estarem localizados em áreas distintas e de ser apontada a existência de alguma limitação na comunicabilidade entre sectores distintos, tal como referido anteriormente, existe uma continuidade espacial dos mesmos (Almeida *et al*, 2000b), com a consequente passagem de água entre os diferentes sectores. Por esse motivo, foi considerada a hipótese de definição de um nível piezométrico global, também para este aquífero, a partir da média dos piezómetros seleccionados, no ponto 4.2.4, para avaliação deste sistema aquífero.

Não obstante, também para estes piezómetros, se verifica um elevado número de falhas no período avaliado (1997/98 a 2009/10), pelo que foi efectuado um procedimento de colmatação de falhas, similar ao descrito para o sistema aquífero de Elvas-Campo Maior. Para isso foram definidas equações de regressão linear entre os registos de cada piezómetro e a média global obtida a partir destes. Na Tabela 4.73 são apresentadas as relações definidas entre os registos e a média global, bem como entre a soma de registos das possíveis combinações de dois, três ou quatro piezómetros e a média global.

Tal como no sistema aquífero Elvas-Campo Maior, não foram consideradas equações de regressão que possuíssem um coeficiente de determinação inferior a 0.5 (no caso, a equação referente ao piezómetro 399/12), tendo permanecido como falhas os meses em que, apenas essas equações, permitissem definir a média global. Por outro lado, nos meses em que existiam registos de dois ou mais piezómetros, foi escolhida a equação de regressão com maior R^2 das equações em hipótese.

[141] Ver ponto 4.3.2.
[142] Ver ponto 4.2.4

Tabela 4.73: Equações de regressão definidas entre os registos dos diferentes piezómetros e a média global – Aquífero Elvas-Vila Boim

Piezómetros de base (X - registos)	Média Global dos 5 piezómetros (Y)	
	Equação	R^2
399/12	Y= 0,7253X + 90,636	0,4266
413/54	Y= 0,5249X + 138,78	0,8075
413/78	Y= 0,5938X + 146,79	0,9098
413/123	Y= 0,7468X + 77,26	0,6219
414/45	Y= 0,6219X + 201,3	0,3159
399/12 + 413/54	Y= 0,4122X + 31,652	0,8765
399/12 + 413/78	Y= 0,4291X + 45,163	0,9099
399/12 + 413/123	Y= 0,5445X – 50,468	0,7736
399/12 + 414/45	Y= 0,4901X + 50,699	0,5375
413/54 + 413/78	Y= 0,2907X + 132,91	0,8925
413/54 + 413/123	Y= 0,3784X + 56,107	0,8973
413/54 + 414/45	Y= 0,4467X + 54,765	0,9145
413/78 + 413/123	Y= 0,3897X + 71,622	0,9217
413/78 + 414/45	Y= 0,4633X + 72,569	0,9237
413/123 + 414/45	Y= 0,4869X + 49,128	0,6531
399/12 + 413/54 + 413/78	Y= 0,2551X + 64,927	0,9333
399/12 + 413/54 + 413/123	Y= 0,3224X – 19,988	0,9541
399/12 + 413/54 + 414/45	Y= 0,3552X – 15,846	0,9359
399/12 + 413/78 + 413/123	Y= 0,3241X – 1,3847	0,957
399/12 + 413/78 + 414/45	Y= 0,348X + 13,941	0,9148
399/12 + 413/123 + 414/45	Y= 0,3972X – 42,735	0,7664
413/54 + 413/78 + 413/123	Y= 0,2399X + 81,031	0,9364
413/54 + 413/78 + 414/45	Y= 0,2671X + 81,379	0,9559
413/54 + 413/123 + 414/45	Y= 0,3296X + 9,1716	0,949
413/78 + 413/123 + 414/45	Y= 0,3231X + 36,679	0,9283
399/12 + 413/54 + 413/78 + 413/123	Y= 0,2551X + 64,927	0,9333
399/12 + 413/54 + 413/78 + 414/45	Y= 0,2343X + 27,699	0,9763
399/12 + 413/54 + 413/123 + 414/45	Y= 0,3224X – 19,988	0,9541
399/12 + 413/78 + 413/123 + 414/45	Y= 0,3241X – 1,3847	0,957
413/54 + 413/78 + 413/123 + 414/45	Y= 0,2399X + 81,031	0,9364

Na Figura 4.77 é representada a evolução mensal da série de dados completados para o nível piezométrico médio global do sistema aquífero Elvas-Vila Boim, bem como o seu posicionamento relativo face à superfície do terreno, obtido pela média da cota do terreno dos 5 piezómetros avaliados. Os dados mensais correspondentes são apresentados no Anexo 12.

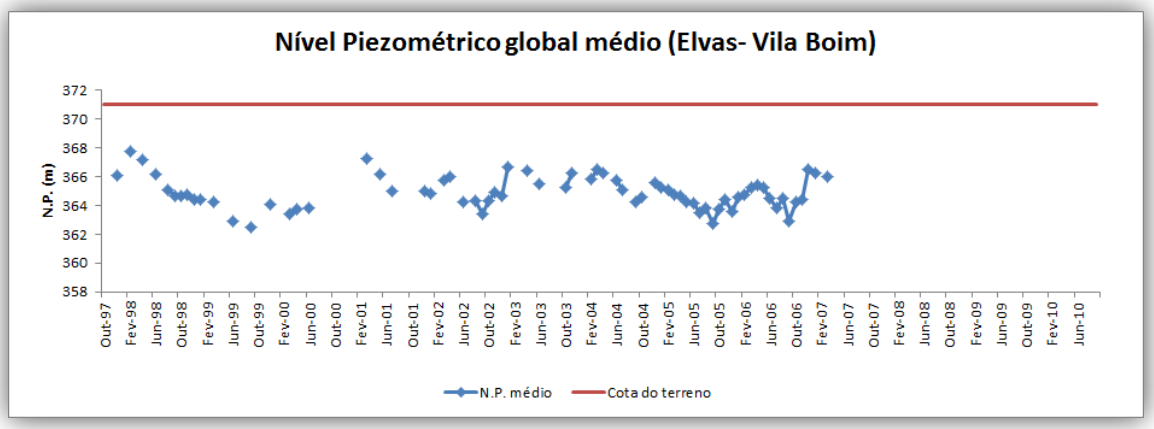


Figura 4.77: Nível piezométrico global médio (aquífero Elvas-Vila Boim) completado para o período de análise (1997/98 a 2009/10)

III) Modelação do sistema aquífero

O processo de modelação adoptado para o sistema aquífero de Elvas-Vila Boim foi similar ao levado a cabo para o aquífero Elvas-Campo Maior. Como variáveis de calibração foram, neste caso, admitidas: o coeficiente de armazenamento e ainda a parcela de perdas (descargas e evapotranspiração da camada saturada). Para o coeficiente de armazenamento foi admitido o valor de 0,014 como ponto de partida. No que diz respeito às perdas, não existe qualquer tipo de quantificação, tendo sido adoptado um valor base de 5% da precipitação total, podendo, este valor, variar entre o valor nulo e a taxa de recarga. Para esta última foi apontado um valor de 25%, sendo considerada fixa para o presente sistema aquífero.

Para ajuste dos parâmetros (variáveis de calibração), foi levado a cabo o mesmo processo de optimização considerado para o sistema Elvas-Campo Maior, nomeadamente, o método *Evolutionary*, da ferramenta *Solver* do Microsoft Excel 2010. Como funções-objectivo, foram, novamente, consideradas a maximização do coeficiente de determinação (R^2), na 1ª tentativa, e a minimização do resíduo, na 2ª tentativa. Por fim, foi efectuado um ajuste dos parâmetros de calibração, partindo dos resultados de minimização do resíduo e procurando maximizar o R^2 correspondente (3ª tentativa). Tendo sido seguido procedimento similar ao processo levado a cabo para o sistema aquífero Elvas-Campo Maior, encontram-se sistematizados, na Tabela 4.74, os resultados do valor de resíduo e de R^2 obtidos das 3 tentativas de calibração, bem como os respectivos valores de taxa de recarga, coeficiente de armazenamento e taxa de perdas. O gráfico final, correspondente à terceira tentativa, e ao ajuste adoptado, é apresentado na Figura 4.78.

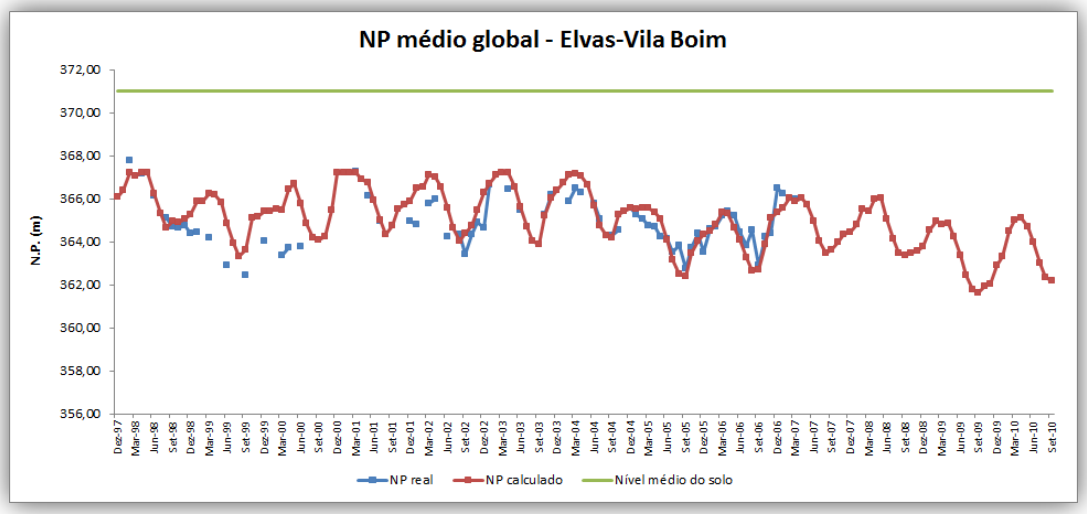


Figura 4.78: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Elvas-Vila Boim (3ª tentativa - equilíbrio entre a minimização do resíduo e a maximização do R^2).

Tabela 4.74: Parâmetros analisados e respectivos resultados para as tentativas de calibração do modelo de simulação dos níveis de NP global do aquífero Elvas-Campo Maior.

Parâmetro	1ª Tentativa (max R^2)	2ª Tentativa (min Res)	3ª Tentativa (equil R^2 e Res)
Taxa de recarga	25%	25%	25%
Coeficiente de armazenamento	0,0065	0,0027	0,0026
Taxa de perdas (desc + ETP)	0,226	0,226	0,225
Resultados	**1ª Tentativa (max R^2)**	**2ª Tentativa (min Res)**	**3ª Tentativa (equil R^2 e Res)**
R	0,738	0,724	0,735
R^2	0,545	0,524	0,540
Resíduo (m^2)	168,33	57,80	59,81

Tal como para o sistema aquífero Elvas-Campo Maior, os valores de R^2 não são muito elevados (cerca de 0,54). Sendo certo que os (poucos) dados de NP reais não permitem aferir uma solução mais adequada, verifica-se, porém, que os resultados obtidos, nas 3 tentativas de calibração, são bastante elevados para a taxa de perdas (superiores a 22%, para uma taxa de recarga de 25%). Tal acaba por se reflectir, também, nos valores bastante reduzidos de porosidade (abaixo de 0,01). Uma vez que, no presente modelo, as perdas são correspondentes a uma parcela da precipitação mensal, tal como a recarga, quando aquele valor é bastante elevado, resta um volume para armazenamento ou consumo, bastante reduzido. Assim, para ser possível, com um volume tão reduzido, aproximar as variações de níveis indicadas pelos piezómetros, o coeficiente de armazenamento terá de ser bastante baixo. Tal verifica-se na presente modelação, ficando, inclusive, fora do intervalo habitualmente considerado para sistemas aquífero não confinados, de 0,01 a 0,04 (LNEG, 2010).

Existem, todavia, outros dados importantes que merecem nota especial nesta matéria, nomeadamente o facto de: (i) ser indicado, para o presente sistema aquífero, que as nascentes, apesar de perenes, apresentam um débito mais reduzido que outras formações carbonatadas do Alentejo (Almeida *et al*, 2000b), pelo que a taxa de perdas deveria ser mais reduzida, (ii) a taxa

de perdas do sistema aquífero Elvas-Campo Maior (0,05) corresponde a menos de metade da respectiva taxa de recarga (0,12), sendo uma proporção bastante inferior ao verificado na modelação do presente sistema aquífero, e (iii) os consumos associados à área de regadio privado no aquífero Elvas-Campo Maior são cerca de 5 vezes superiores aos apontados para o sistema Elvas-Vila Boim, para áreas de aquífero pouco diferentes (o aquífero de Elvas-Campo Maior possui uma área apenas 1,5 vezes superior à do aquífero Elvas-Vila Boim). Por outro lado, a área do sistema aquífero de Elvas-Campo Maior, é parcialmente ocupada pelo perímetro de rega do Caia, onde é exclusivamente utilizada água superficial. Como tal, no aquífero Elvas-Vila Boim, onde não existe qualquer tipo de restrição à extracção de água subterrânea, deverá considerar-se a hipótese de os consumos de rega estarem subestimados.

Porém, à data de entrega da presente tese, ainda não haviam sido disponibilizados os dados do Recenseamento Agrícola (RA) 2009, razão pela qual, para quantificação das áreas de regadio privado, foram utilizados os dados do Recenseamento Geral Agrícola de 1999 (INE, 2001), actualizados de forma estimativa para 2009, tal como é possível verificar pela descrição efectuada no ponto 4.3.2. A esses valores foi, ainda, aplicado um critério aproximado de subdivisão, segundo as diferentes origens de água. Como tal, é possível que os consumos de 1,04 hm^3/ano, quantificados para rega, a partir deste sistema aquífero, possam ser reduzidos face à realidade actual.

Procurando aferir melhor essa questão, foi efectuada uma nova tentativa de simulação dos níveis piezométricos globais do sistema Elvas-Vila Boim, designada 4ª tentativa, partindo de uma taxa de perdas de cerca de 0,10 (menos de metade da taxa de recarga) e aferindo, desta feita, o valor do coeficiente de armazenamento e, também, os consumos de rega anuais, admitindo a mesma distribuição mensal destes últimos. O processo de calibração teve por base um equilíbrio entre a minimização de resíduo e a maximização do R^2 correspondente, tendo sido obtido o melhor resultado para um consumo de rega de 7,3 hm^3/ano e um coeficiente de armazenamento de 0,015, com um resíduo de 62,25 e um R^2 de 0,53. Os resultados são representados na Figura 4.79, sendo bastante similares aos obtidos na 3ª tentativa.

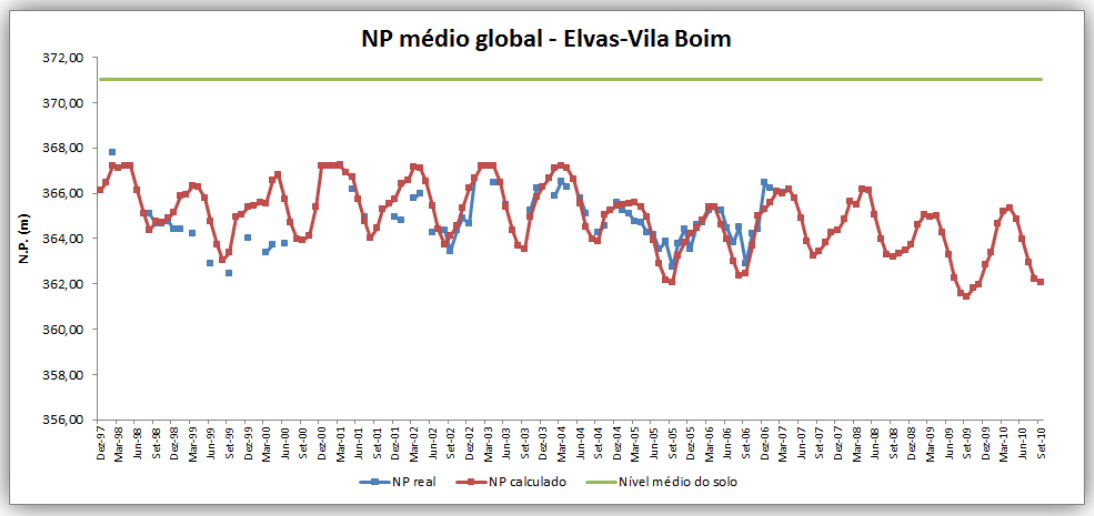


Figura 4.79: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Elvas-Vila Boim (4ª tentativa: consumo de rega – 7,3hm^3/ano e taxa de perdas – 0,10)

Não obstante, a diferença verificada nos consumos de rega entre estas duas tentativas (3ª e 4ª) foi discutida com a U.Évora, no âmbito do desenvolvimento do Projecto SPGS, tendo sido considerado que, por falta de dados actualizados em relação ao regadio privado nesta área[143], não é possível aferir a validade dos valores obtidos nesta última simulação (4ª tentativa). Como tal, foi considerado que, nesta fase, deveria ser utilizado o modelo correspondente à 3ª tentativa, de modo a ser possível estimar a evolução do nível piezométrico global do sistema aquífero Elvas-Vila Boim. As razões subjacentes a esta opção são: (i) o facto de este modelo permitir simular os níveis piezométricos com um R^2 superior a 0,5, e uma diferença, entre os valores de NP real e NP calculado que, no máximo, atingiu os 2,74m, e (ii) o facto de ser compatível com os consumos quantificados, com base nos dados disponíveis (RGA 99), no procedimento de avaliação do sector agrícola. No entanto, deverá apontar-se que em desenvolvimentos futuros, quando disponíveis novos dados de áreas para o regadio privado, deverá ser efectuada uma nova modelação deste sistema aquífero.

IV) Avaliação de disponibilidades

A espessura do presente sistema aquífero é quantificada em cerca de 200m o que, atendendo a que os níveis piezométricos mais elevados se encontram a uma profundidade de (apenas) cerca de 4 m, leva a que o limiar de extracção do sistema aquífero seja limitado, não pela profundidade da sua base, mas pela profundidade das captações existentes. Tal como apontado por Costa (2008), para um aquífero da região hidrográfica do Guadiana (Moura-Ficalho), foi considerada uma profundidade média de captações, para fins agrícolas, de 70 m. Sendo o nível médio do solo, neste sistema aquífero, de cerca de 371m[144], o limiar de extracção deverá, então, corresponder à cota 301m.

Assim, apesar de, actualmente, existir uma folga significativa na satisfação das utilizações dependentes deste sistema aquífero, será previsto um esquema de avaliação, ao nível do ano hidrológico, para estimar as disponibilidades existentes.

Para tal, partindo de uma equação de balanço definida de forma idêntica à [4.15], com uma área (*A*) do sistema aquífero de 113 km^2, uma altura (*h*) igual à diferença entre o NP médio (real ou calculado) e a cota 301m, um coeficiente de armazenamento de 0,0026, uma taxa de recarga de 0,25 e uma taxa de perdas de 0,225, as disponibilidades serão obtidas a partir da expressão [4.16] (hm^3), sendo NP dado em (m) e P anual em (mm):

$$Disp = V_i + R - P_d = 113 * \left[(NP - 301) * 0{,}0026 + 0{,}025 * \frac{P\ anual}{1000}\right] (hm^3) \quad [4.16]$$

4.5.2.4 Sistema aquífero Estremoz – Cano

Como se trata de um sistema aquífero partilhado entre as bacias hidrográficas do Tejo e do Guadiana, importa, antes de mais, analisar o comportamento geral do sistema. De facto, o aquífero Estremoz-Cano apresenta um suporte litológico carbonatado, embora constituído por duas estruturas de génese distinta (Figura 4.80). A menor área, de cerca de 50,6 km^2, na zona

[143] Relembre-se que, à data de entrega da presente tese, ainda não são conhecidos os dados referentes ao RA 2009.
[144] Determinado com base na cota do terreno dos piezómetros seleccionados (SNIRH, 2010).

do Cano, corresponde a calcários lacustres plistocénicos, com um comportamento de aquífero poroso livre, tendo uma espessura de cerca de 20m. Por outro lado, na área do Maciço de Estremoz, correspondente a uma área de 151,5 km^2, predominam as rochas carbonatadas paleozóicas. Como tal, as formações aquíferas apresentam características de carsificação, fissuradas, com comportamento essencialmente livre, embora denotando algum confinamento em zonas pontuais devido às intercalações de xistos e metavulcanitos (ERHSA, 2000). Esta área apresenta, ainda, uma espessura variável, com mais de 300m em alguns locais.

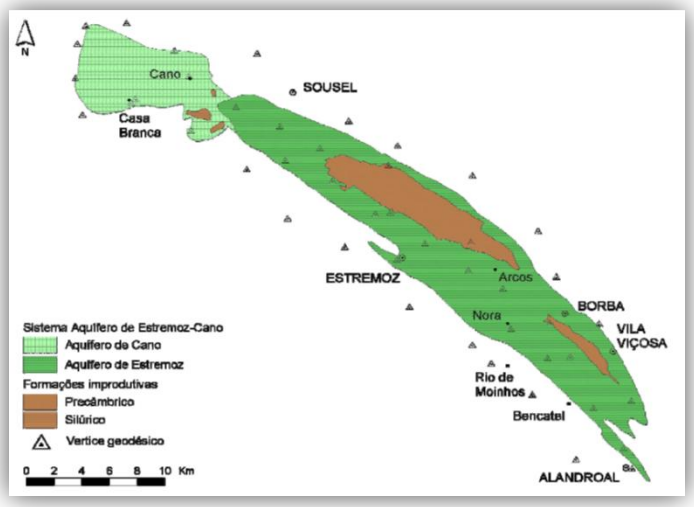


Figura 4.80: Distinção das zonas do aquífero Estremoz-Cano de diferente suporte litológico (Midões & Costa, 2010)

Além disso o maciço calcário de Estremoz está dividido em dois sectores de acordo com as principais orientações de fluxo subterrâneo (Figuras 4.81 e 4.82): o sector SE de Alandroal a Estremoz, que engloba pequenas bacias hidrogeológicas, e o sector NW, entre Estremoz e Sousel, em que se verifica um fluxo de água subterrânea, de SE para NW.

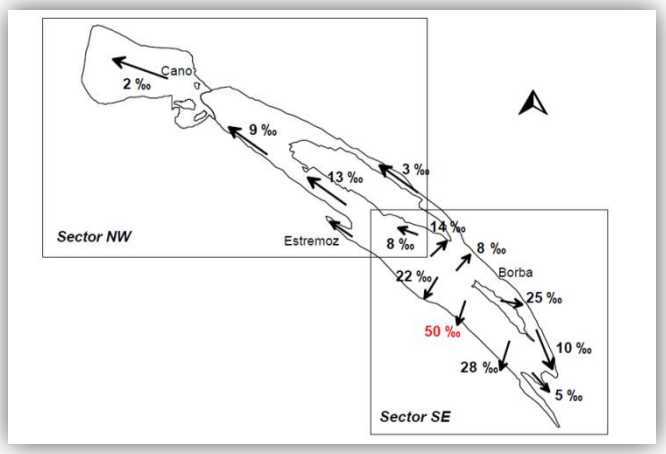


Figura 4.81: Principais direcções de fluxo de água subterrânea e gradiente hidráulico no sistema aquífero Estremoz-Cano (ERHSA, 2000)

Sendo possível verificar que a zona de divisão dos dois sectores corresponde, aproximadamente, à linha de separação das bacias hidrográficas do Tejo e do Guadiana, Almeida *et al* (2000c) e Midões & Costa (2010) apontam, ainda, para a existência de falhas, tal como representado na Figura 4.82, que criam barreiras impermeáveis (NE-SW). Essas barreiras compartimentam o sistema de Estremoz, criando áreas de produtividades consideravelmente inferiores e influenciando a piezometria. As falhas constituem condutas hidráulicas, que tendem a promover a carsificação, estando relacionadas com as diversas emergências (nascentes) naturais, situadas entre as rochas carbonatadas e as de natureza xistenta.

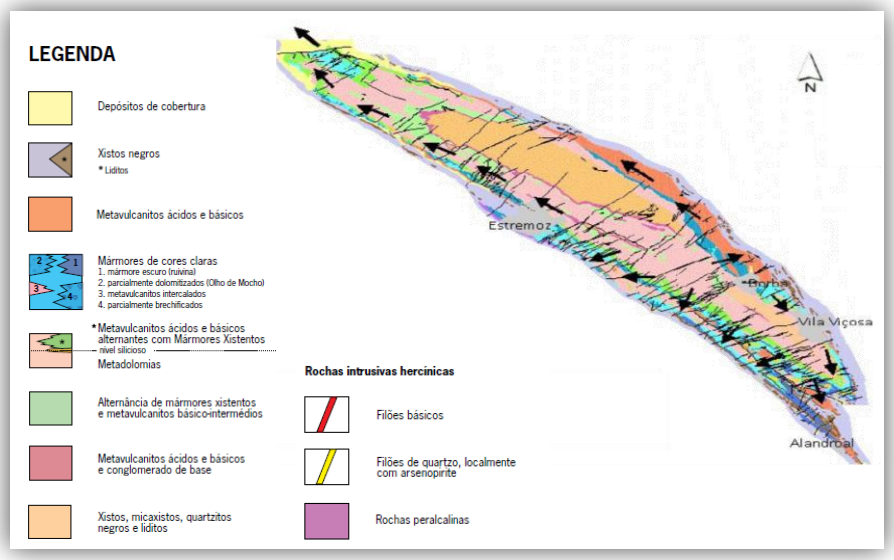


Figura 4.82: Enquadramento geológico e tectónico do anticlinal de Estremoz (adaptado de Midões & Costa, 2010)

Por outro lado, foram analisados os registos piezométricos de toda a área do aquífero, tomando por base os registos dos piezómetros 426/302, 426/334, 426/335, 426/337, 440/107 e 440/109 para a área da bacia do Guadiana, e ainda, dos piezómetros 396/161, 397/87, 411/206, 412/94, 426/332 e 426/347 para a área da bacia do Tejo (Figura 4.83) (SNIRH, 2010).

Com base no período comum de registos desses piezómetros, de Dezembro de 97 a Janeiro de 2010, foi efectuada uma média global nos meses em que todos possuíssem registos. Em seguida foi efectuada uma correlação entre os registos de cada piezómetro e essa média global. Os resultados obtidos são sistematizados na Tabela 4.75.

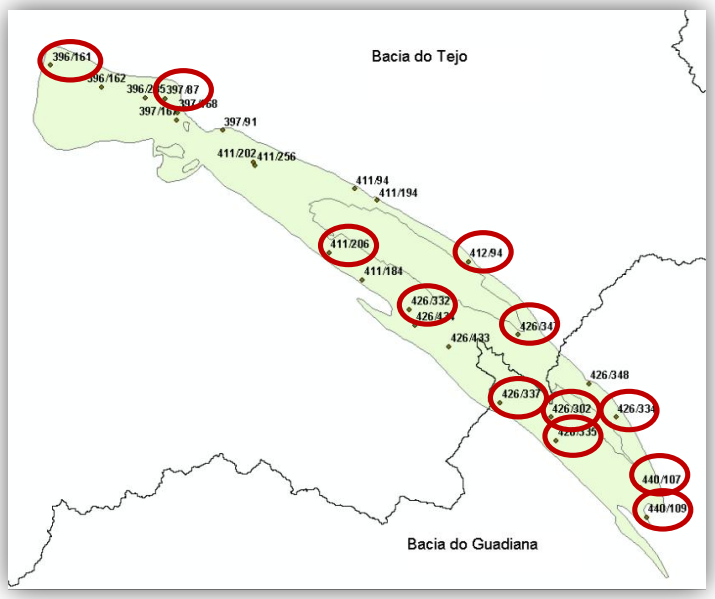


Figura 4.83: Piezómetros avaliados no sistema aquífero Estremoz-Cano (SNIRH, 2010)

Tabela 4.75: Registos piezométricos e correlação com a média global (Estremoz-Cano)

Mês de registo	Bacia do Tejo						Bacia do Guadiana						Média global
	397/87	397/161	411/206	412/94	426/332	426/347	426/302	426/334	426/335	426/337	440/107	440/109	
Dez-97	243,56	243,56	358,12	348,97	427,83	418,61	455,42	396,27	384,66	413,25	385,20	365,47	370,1
Jan-98													
Fev-98	213,23			349,52			460,61				392,20	367,92	
Mar-98	212,66	243,08	358,40	348,72	426,09	418,94	452,73						
Abr-98											388,07	365,21	
Mai-98													
Jun-98	212,15	241,01		348,36	425,25		453,70				386,17	364,11	
Jul-98													
Ago-98	211,46	240,04	355,87	345,95	424,20	418,03	451,00	396,66	378,15	412,71	385,30	363,06	365,2
Set-98	211,18	239,97	355,30	345,05	423,17	417,63	449,26	395,95	379,00	411,94	384,77	362,55	364,6
Out-98	211,19	239,78	355,20	346,00	422,98	417,53	449,23	395,53	379,35	411,95	384,49	362,17	364,6
Nov-98	211,17	243,68	354,90	346,60	423,04	417,58	448,68	394,80	379,14	411,46	384,28	361,75	364,8
Dez-98													
Jan-99	211,06	243,92	354,91	345,89	422,73	417,10	448,30	393,52	378,71	410,87	383,92	361,29	364,4
Fev-99													
Mar-99	211,01	239,80	354,76	346,37	422,54	416,77	447,76	392,63	378,82	410,64	383,73	361,10	363,8
Abr-99		239,92									383,55	-	
Mai-99													
Jun-99	210,27	242,79	354,33	344,48	422,44	416,62	447,33		374,60	410,28	-	359,14	
Jul-99													
Ago-99													
Set-99	208,82	242,72	353,58	345,01	420,70	416,50	446,09	382,69	365,82	409,91			
Out-99													
Nov-99													
Dez-99	209,83		354,54		424,75	416,70			379,62	411,16			
Jan-00													
Fev-00													
Mar-00		243,64	355,11										

Mês de registo	Bacia do Tejo						Bacia do Guadiana						Média global
	397/87	397/161	411/206	412/94	426/332	426/347	426/302	426/334	426/335	426/337	440/107	440/109	
Abr-00	209,99			346,83	425,11	416,78	449,15		379,25	410,77			
Mai-00													
Jun-00	210,21		357,01	345,63	424,99	416,94	452,36		379,25	411,62			
Jul-00													
Ago-00													
Set-00													
Out-00													
Nov-00													
Dez-00													
Jan-01	212,74	244,32	359,87		429,44	419,28	459,54		386,80	415,75			
Fev-01													
Mar-01	213,25	244,47	359,78	344,08	428,68	419,49	457,08		386,69	417,21			
Abr-01													
Mai-01	212,53	244,04	358,88	339,80	426,17	419,07	452,80	396,84	384,26	415,83			
Jun-01	211,88	243,38	357,93	337,40	425,50	418,52	450,40	395,85	381,74	414,28			
Jul-01	211,45	243,03	357,13	331,98	424,81	418,38	444,98	395,12	378,69	413,48			
Ago-01													
Set-01	210,84	242,81	356,77	335,83	423,86	417,81	448,83	394,20	376,50	412,58			
Out-01	210,54	243,87	356,51		425,64	418,77	448,98	393,49	379,64	411,54			
Nov-01													
Dez-01	210,73	243,56	356,74	346,21	424,42	417,54	448,28	393,50	379,45	410,62			
Jan-02	210,66	243,52	355,11	345,99	423,82	417,24	447,92	393,50	378,40	408,08	382,90	352,93	363,3
Fev-02	210,59	244,13	355,95	345,35	424,59	417,11							
Mar-02	211,01	244,22	356,44	347,07	424,12	417,20	448,37	393,50	379,47	410,52	384,54	353,19	364,1
Abr-02		244,08	356,52	347,61	425,33	417,74	451,59	393,89	381,94	411,18	385,05	356,23	
Mai-02													
Jun-02	210,65		356,22	346,58		417,23	449,21	393,04	376,59	410,94	385,14	354,62	
Jul-02													
Ago-02						416,76	447,95	391,21		406,88			
Set-02	209,09	242,52	355,43	344,81		416,67	447,46	390,58	369,44	411,60	384,31	353,06	
Out-02	209,27	243,12	355,48	342,54		416,65	447,57	389,83	374,09	411,32	384,16	352,47	
Nov-02	210,08	244,11	355,84	346,21		416,69	448,40	388,72	377,83	411,02	383,89	352,62	
Dez-02													
Jan-03	212,17	244,35	358,88	349,06	427,82	418,21	458,06	393,66	384,14	413,67	384,01	360,68	367,1
Fev-03													
Mar-03	212,44	243,86	359,50	348,61	426,51	418,98							
Abr-03							454,16	395,90	383,81	412,69	387,40	361,37	
Mai-03													
Jun-03	211,27	243,06	357,54	347,15	424,82	416,03	451,60	395,23	379,11	410,09	386,03	358,70	365,1
Jul-03	211,03	242,89	357,00	346,35	424,53	417,81	450,10	394,79	378,01	412,38	385,61	357,46	364,8
Ago-03													
Set-03		243,08	356,13	345,99	423,01	416,90	447,86	392,76	376,62	410,85	384,82	-	
Out-03													
Nov-03		243,86	356,65	347,29	425,98	417,42	450,76	393,89	380,98	412,57	384,99	-	
Dez-03													
Jan-04	211,02	244,00		348,98		418,62	453,67	395,82	382,94	411,37	387,42	361,20	
Fev-04													
Mar-04	211,57												
Abr-04		243,76	358,54	347,48	425,79	420,66		396,01	382,69	412,59	391,48	360,59	
Mai-04	211,45	243,50	358,19	347,27	425,30	418,45	452,15	395,53	382,00	412,57	387,72	359,30	366,1
Jun-04	211,10	242,99	357,59	346,46	424,40	415,90	450,21	394,92	378,68	412,13	386,12	358,01	364,9
Jul-04	210,67		356,89	345,69	423,57	415,53	448,75	394,49	373,04	411,39	385,34	356,82	

Mês de registo	Bacia do Tejo						Bacia do Guadiana						Média global
	397/87	397/161	411/206	412/94	426/332	426/347	426/302	426/334	426/335	426/337	440/107	440/109	
Ago-04													
Set-04	210,11	242,52	354,05	333,02	422,87		447,21		374,50	410,50	384,72	356,09	
Out-04	210,17	243,29	356,69	347,33	425,55	416,75	445,82		377,09	410,71	384,59	352,04	
Nov-04													
Dez-04	210,20	243,32	356,35	345,62	424,90	416,87	448,68	391,73	379,61	410,76	384,74	351,83	363,7
Jan-05	210,11	243,28	356,41	345,34	423,22	416,75	448,17	391,13	379,38	410,44	384,29	350,99	363,3
Fev-05	209,98	243,24	355,83	344,55	423,32	416,68	447,68	390,40	379,27	410,25	384,01	349,99	362,9
Mar-05	209,81	243,26	355,90	344,24	422,83	416,66	447,68	390,40	379,27	410,20	384,01	349,99	362,9
Abr-05		243,16	355,77	343,63	423,47	416,20	446,51	389,02	377,85	410,68	383,63	349,09	
Mai-05													
Jun-05	209,07	242,84	355,26				446,01	388,27	370,84		374,24	347,52	
Jul-05	208,55	241,58	354,92	342,63	422,84	415,26	445,37	386,95	363,57	409,91	381,05	346,78	360,0
Ago-05		240,54											
Set-05	207,94	241,82	354,44	341,82	421,85	414,99	444,58	383,86	361,23	409,68	382,79	342,71	359,0
Out-05	207,35	242,26	354,60	341,87	422,16	415,13							
Nov-05	208,51	244,06	355,15	343,78	425,19	416,51	447,74	390,25	368,20	409,79	382,78	344,73	361,4
Dez-05													
Jan-06	209,19	243,93	356,94	346,79	425,28	416,30	448,87	390,09	376,94	411,03	383,02	347,74	363,0
Fev-06		243,77											
Mar-06	209,76	243,70	357,64	346,87	425,24	416,38	450,23	391,89	379,18	411,48	384,01	349,02	363,8
Abr-06													
Mai-06	210,46	243,32	357,99	346,49		416,44	451,99	392,60	379,76	411,28	385,25	350,99	
Jun-06	210,19	242,96	357,71			415,93	449,82	391,63	377,83	410,57	384,83	350,21	
Jul-06	210,16	242,66	356,98	345,70		415,45	448,81	390,52	371,71	410,29	384,64	348,81	
Ago-06		242,31											
Set-06	209,35	241,74	356,02	344,59		414,85	447,61	387,84	366,90	409,88	383,04	338,92	
Out-06	209,91	244,15	356,88	348,63	425,69	416,11	448,57	389,26	373,04	410,88	383,96	345,83	362,7
Nov-06	208,51	243,69	355,15	343,78	425,19	416,51	447,74	390,25	368,20	409,79	382,78	344,73	361,4
Dez-06	212,98	244,54	359,18	349,09		417,30	454,74	392,28	381,92	413,44	385,28	355,22	
Jan-07	212,89	244,19	359,06	346,85		417,66	453,38	394,16	382,55	412,46	386,58	347,29	
Fev-07													
Mar-07	216,62	244,06	358,79	347,11		418,09	453,38	393,91	381,68	411,91	387,70	358,77	
Abr-07													
Mai-07													
Jun-07	211,44	243,62	357,76	346,34		417,09	450,48	394,45	380,58	410,96	385,47	355,31	
Jul-07													
Ago-07													
Set-07													
Out-07													
Nov-07													
Dez-07													
Jan-08													
Fev-08													
Mar-08													
Abr-08													
Mai-08													
Jun-08													
Jul-08													
Ago-08													
Set-08													
Out-08													
Nov-08													

Mês de registo	Bacia do Tejo						Bacia do Guadiana						Média global
	397/87	397/161	411/206	412/94	426/332	426/347	426/302	426/334	426/335	426/337	440/107	440/109	
Dez-08													
Jan-09													
Fev-09													
Mar-09													
Abr-09													
Mai-09													
Jun-09													
Jul-09													
Ago-09													
Set-09													
Out-09													
Nov-09													
Dez-09				341,29		414,82	447,40		375,50	410,41	383,26	-	
Jan-10	215,10	244,18	357,64	348,07	427,61	417,12	456,49	392,57	384,55	413,21	387,85	-	
Equação de regressão	y = 0,2307.x + 315,05	y = 0,1076.x + 337,76	y = 1,1438.x - 43,574	y = 1,0146.x + 12,881	y = 0,8485.x + 3,8593	y = 1,9433.x - 446,35	y = 0,6845.x + 56,324	y = 0,6018.x + 127,65	y = 0,3325.x + 238,51	y = 1,2874.x - 165,31	y = 1,131.x - 70,698	y = 0,2639.x + 270,32	-
R^2	0,49	0,01	0,42	0,67	0,34	0,66	0,76	0,72	0,75	0,57	0,48	0,69	-

Por análise das duas últimas linhas da Tabela 4.75 é possível verificar que, dos registos analisados, 5 dos 6 piezómetros localizados na área da bacia do Guadiana apresentam um coeficiente de determinação, com a média global, igual ou superior a 0,5. O mesmo não se verifica com os piezómetros localizados na área da bacia do Tejo, uma vez que apenas 2, dos 6 piezómetros considerados nessa área, apresentam um R^2 superior a 0,5 com a média global. Não sendo possível concluir, de forma categórica, sobre a independência dos níveis piezométricos de água subterrânea nos dois sectores deste sistema aquífero, este facto permite, ainda assim, considerar que a média global será especialmente influenciada pelos piezómetros localizados na área da bacia do Guadiana.

Com base nestes elementos foi considerada a hipótese de o sistema aquífero poder ser avaliado de forma independente para esta área. Assumindo esse pressuposto, foi adoptado um procedimento, na linha da modelação efectuada para os anteriores sistemas aquíferos, mas restringindo a análise à área da bacia do Guadiana do aquífero Estremoz-Cano.

I) Caracterização do aquífero e preparação de dados de input

a) Características físicas e fisiográficas do aquífero

As principais características do aquífero Estremoz-Cano (e da correspondente área na bacia do Guadiana), compiladas com base em Almeida *et al* (2000c), ERHSA (2000) e Midões & Costa (2010), encontram-se sumariadas na Tabela 4.76.

Tabela 4.76: Características do aquífero Estremoz-Cano (e área na bacia do Guadiana)

Características gerais	Área	202 km^2 (51,64 km^2)
	Área recarga	202 km^2 (51,64 km^2)
	Coeficiente armazenamento	0,001- 0,01
	Espessura aquífero	200 m

Sendo indicado, em relação ao coeficiente de armazenamento, que o mesmo se situa, para a área global do sistema aquífero, entre 0,001 e 0,01 (Midões & Costa, 2010), o valor de partida considerado, para a área específica na bacia do Guadiana, corresponde à média desse intervalo (0,005). No que toca à espessura, é referido, em Almeida *et al* (2000c) e ERHSA (2000), que a mesma é variável ao longo de todo o sistema aquífero, podendo atingir mais de 300m em alguns locais, não sendo, todavia, linear a existência de circulação de água a essas profundidades. Não estando disponíveis mais dados em relação a esta matéria, foi admitido, para a área específica localizada na bacia do Guadiana, um valor médio de 200m.

b) Entradas de água no sistema (recarga)

A estimativa de recarga média calculada para a totalidade do sistema aquífero (Almeida *et al*, 2000c) ronda os 34 hm^3/ano, correspondendo a uma taxa de recarga de 25% da P anual. Admitindo uma recarga aproximadamente uniforme em toda a área carbonatada do aquífero (Maciço de Estremoz), e, sendo este sistema essencialmente recarregado por drenância directa, a partir da precipitação, foi considerada idêntica taxa de recarga, para a área, do sistema aquífero, situada na bacia do Guadiana, i.e., correspondente a cerca de 51,6 km^2.

A série de precipitação mensal ponderada sobre esta área do aquífero foi, também neste caso, calculada por ponderação das precipitações dos postos mais próximos da área em questão, através das áreas de influência dos respectivos polígonos de *Thiessen* (Figura 4.70).

c) Saídas do sistema (Captações e perdas)

Em relação às descargas, Almeida *et al* (2000c) referem um elevado número de exsurgências na zona do Maciço de Estremoz sendo, as mais representativas, as nascentes de Techocas e Estremoz, com caudais de estiagem de 25 e 12 l/s, respectivamente. Não existindo, contudo, uma quantificação expressa da parcela global de descargas, a mesma será determinada como nos anteriores aquíferos, em conjunto com as perdas por evaporação, por via indirecta, na aferição das demais parcelas do balanço mensal. Como ponto de partida foi adoptado o valor de 0,05 de P anual.

No que toca aos volumes de água captados, de acordo com a presente análise, apenas foram considerados os verificados na área do Guadiana.

Para o abastecimento doméstico verifica-se, segundo o apontado nas Tabelas 3.20 e 4.51, um valor de cerca de 1,71hm^3, a nível anual (para 2008). No entanto, por análise da Tabela 4.53, verifica-se que, apesar de variáveis (entre 1,31 hm^3/ano, em 2007, e 2,01 hm^3/ano, em 2002), existe uma razoável proximidade na ordem de grandeza dos volumes nos diferentes anos. Por outro lado, para o sector agrícola, também se considera, um valor constante, em todo o período de análise, para os consumos de rega (ver adiante). Assim, poderá admitir-se, também para o abastecimento urbano, um valor constante de volumes captados anualmente, correspondente ao valor registado no INSAAR mais recente (i.e. 2008) (INAG, 2009).

No entanto, tal como no caso do sistema aquífero Elvas-Vila Boim, verifica-se que, segundo esses dados (INAG, 2009), os volumes mensais associados às captações para

abastecimento urbano, localizadas na área da bacia do Guadiana do sistema aquífero Estremoz-Cano, correspondem directamente à divisão do volume anual por 12 meses. Para essas captações foi considerada a mesma distribuição relativa de volumes mensais apresentada na Tabela 4.70. Desta forma, os volumes mensais para este sector são dados pela Tabela 4.77.

Tabela 4.77: Necessidades mensais (hm^3) para os sistemas de abastecimento urbano da bacia do Guadiana dependentes do sistema aquífero Estremoz-Cano.

Consumos	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total
(hm^3/mês)	0,110	0,101	0,093	0,150	0,136	0,117	0,152	0,123	0,189	0,213	0,188	0,138	1,71

Para o sector agrícola, segundo a quantificação efectuada pela U.Évora, no âmbito do projecto SPGS (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a e 2010b), os volumes anuais regados nesta área, correspondem a 0,31 hm^3/ ano (Tabela 3.21). Apesar de ser um valor bastante reduzido, principalmente atendendo à avaliação efectuada para os aquíferos de Elvas-Campo Maior e de Elvas-Vila Boim, esse valor resulta do processo de definição da ocupação cultural para as áreas de regadio privado associadas a esse sistema aquífero[145]. Os valores mensais totais, de necessidades das culturas, são apresentados na Tabela 4.78.

Tabela 4.78: Necessidades mensais (hm^3) para o sector agrícola dependentes do sistema aquífero Estremoz-Cano (adaptado de Serralheiro *et al*, 2010b)

Nec agrícolas	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Total**
(hm^3)	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,022	0,066	0,106	0,092	0,022	0.314

II) Avaliação do nível piezométrico médio

Tal como referido anteriormente[146], foram avaliados 6 piezómetros na área da bacia do Guadiana do aquífero Estremoz-Cano (426/302, 426/334, 426/335, 426/337, 440/107 e 440/109) (SNIRH, 2010). Para esses piezómetros foi efectuado um procedimento de colmatação de falhas similar aos anteriores, através de equações de regressão entre os registos de cada piezómetro e a média global obtida a partir destes. Na Tabela 4.79 são apresentadas as equações de regressão consideradas. Importa referir que, como todas as equações apresentam um coeficiente de determinação superior 0,5, nenhuma foi eliminada para a colmatação de falhas.

Tabela 4.79: Equações de regressão definidas entre os registos dos diferentes piezómetros e a média global – Estremoz-Cano

Piezómetros de base (X - registos)	**Média Global dos 5 piezómetros (Y)**	
	Equação	**R^2**
426/302	y = 0,8337x + 19,879	0,6466
426/334	y = 0,9218x + 33,139	0,831
426/335	y = 0,4752x + 215,57	0,8019
426/337	y = 1,8415x - 362,32	0,5312
440/107	y = 1,5423x - 198,36	0,5795
440/109	y = 0,404x + 251,87	0,7964
426/302 + 426/334	y = 0,531x - 52,345	0,8906
426/302 + 426/335	y = 0,3452x + 109,33	0,8503

[145] Ver ponto 4.3.2.

[146] No ponto 4.2.4 e no início da descrição da modelação do presente sistema aquífero.

Piezómetros de base (X - registos)	Média Global dos 5 piezómetros (Y)	
	Equação	R^2
426/302 + 426/337	y = 0,6391x - 155,35	0,68
426/302 + 440/107	y = 0,6339x - 134,08	0,7298
426/302 + 440/109	y = 0,3378x + 123,39	0,9278
426/334 + 426/335	y = 0,3531x + 123,07	0,9143
426/334 + 426/337	y = 0,7553x - 212,04	0,8988
426/334 + 440/107	y = 0,6662x - 122,83	0,851
426/334 + 440/109	y = 0,3014x + 169,9	0,8659
426/335 + 426/337	y = 0,4342x + 52,556	0,8579
426/335 + 440/107	y = 0,4108x + 81,907	0,8475
426/335 + 440/109	y = 0,2604x + 204,45	0,9528
426/337 + 440/107	y = 1,0536x - 443,59	0,6998
426/337 + 440/109	y = 0,371x + 111,02	0,8383
440/107 + 440/109	y = 0,3697x + 121,79	0,8677
426/302 + 426/334 + 426/335	y = 0,2766x + 57,594	0,9306
426/302 + 426/334 + 426/337	y = 0,4535x - 173,56	0,8915
426/302 + 426/334 + 440/107	y = 0,4331x - 136,48	0,8891
426/302 + 426/334 + 440/109	y = 0,26x + 83,912	0,9485
426/302 + 426/335 + 426/337	y = 0,3158x + 3,8275	0,8689
426/302 + 426/335 + 440/107	y = 0,3069x + 22,952	0,8713
426/302 + 426/335 + 440/109	y = 0,2222x + 132,44	0,9853
426/302 + 426/337 + 440/107	y = 0,5177x - 249,98	0,7454
426/302 + 426/337 + 440/109	y = 0,3059x + 23,223	0,9285
426/302 + 440/107 + 440/109	y = 0,3048x + 32,605	0,9519
426/334 + 426/335 + 426/337	y = 0,328x + 7,5567	0,9438
426/334 + 426/335 + 440/107	y = 0,3121x + 34,603	0,925
426/334 + 426/335 + 440/109	y = 0,2778x + 80,71	0,9024
426/334 + 426/337 + 440/107	y = 0,3761x - 46,282	0,8844
426/334 + 426/337 + 440/109	y = 0,2451x + 114,89	0,9674
426/335 + 440/107 + 440/109	y = 0,2409x + 126,05	0,9719
426/337 + 440/107 + 440/109	y = 0,3383x + 5,8902	0,8916
426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337	y = 0,2575x - 25,082	0,9408
426/302 + 426/334 + 426/335 + 440/107	y = 0,2498x - 5,7865	0,9342
426/302 + 426/334 + 426/335 + 440/109	y = 0,1862x + 101,94	0,9934
426/302 + 426/334 + 426/337 + 440/107	y = 0,381x - 229,16	0,892
426/302 + 426/334 + 426/337 + 440/109	y = 0,242x + 5,8291	0,9529
426/302 + 426/334 + 440/107+ 440/109	y = 0,239x + 17,135	0,9616
426/302 + 426/335 + 426/337+ 440/107	y = 0,2828x - 64,116	0,8845
426/302 + 426/335 + 426/337+ 440/109	y = 0,2091x + 61,997	0,9874
426/302 + 426/335 + 440/107+ 440/109	y = 0,2065x + 71,595	0,9932
426/302 + 426/337 + 440/107+ 440/109	y = 0,2781x - 50,036	0,9487
426/334 + 426/335 + 426/337 + 440/107	y = 0,2912x - 61,042	0,9474
426/334 + 426/335 + 426/337 + 440/109	y = 0,202x + 84,803	0,9796
426/334 + 426/335 + 440/107 + 440/109	y = 0,1983x + 95,842	0,9786
426/334 + 426/337 + 440/107 + 440/109	y = 0,2605x - 6,8549	0,9214
426/335 + 426/337 + 440/107 + 440/109	y = 0,2271x + 48,032	0,9818
426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337 + 440/107	y = 0,2339x - 76,497	0,9423
426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337 + 440/109	y = 0,1772x + 43,149	0,9968
426/302 + 426/334 + 426/335 + 440/107 + 440/109	y = 0,1747x + 52,817	0,9978
426/302 + 426/334 + 426/337 + 440/107 + 440/109	y = 0,2234x - 50,192	0,9636
426/302 + 426/335 + 426/337 + 440/107 + 440/109	y = 0,1949x + 9,5845	0,9937
426/334 + 426/335 + 426/337 + 440/107 + 440/109	y = 0,1891x + 31,845	0,9881

Na Figura 4.84 é representada a evolução mensal da série de dados completados para o nível piezométrico médio global do sistema aquífero Estremoz-Cano, bem como o seu posicionamento relativo face à superfície do terreno, obtido pela média da cota do terreno dos 6 piezómetros avaliados. Os dados mensais correspondentes são apresentados no Anexo 12.

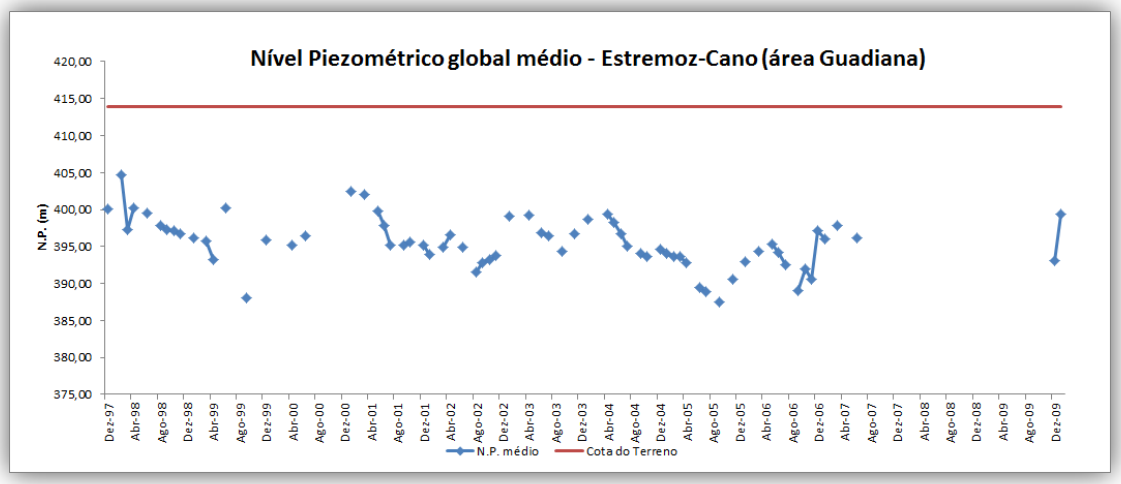


Figura 4.84: Nível piezométrico global médio (aquífero Estremoz-Cano – área Guadiana) completado para o período de análise (1997/98 a 2009/10)

III) Modelação do sistema aquífero

De acordo com os pressupostos assumidos e a caracterização descrita para o presente sistema aquífero, o processo de modelação teve por base as seguintes variáveis de calibração: coeficiente de armazenamento e parcela de perdas. No primeiro caso foi admitido o valor de 0,005 como ponto de partida, permitindo uma variação entre 0,001 e 0,01. No que diz respeito às perdas, não existe, também para este caso, qualquer tipo de quantificação, tendo sido adoptado um valor base de 5% da precipitação total, podendo variar entre zero e a taxa de recarga. Para esta última foi apontado um valor fixo de 25%.

Tal como nos anteriores, para ajuste das variáveis de calibração, foi levado a cabo um processo de optimização com o método *Evolutionary*, da ferramenta *Solver* do Microsoft Excel 2010, tomando por base as funções-objectivo de maximização do coeficiente de determinação (R^2) (1ª tentativa) e de minimização do resíduo (2ª tentativa). Porém, no caso do aquífero Estremoz-Cano, os valores obtidos nestas duas tentativas não permitiram obter um bom ajuste do modelo, tal como pode ser comprovado pelas Figuras 4.88 e 4.89, e Tabela 4.80.

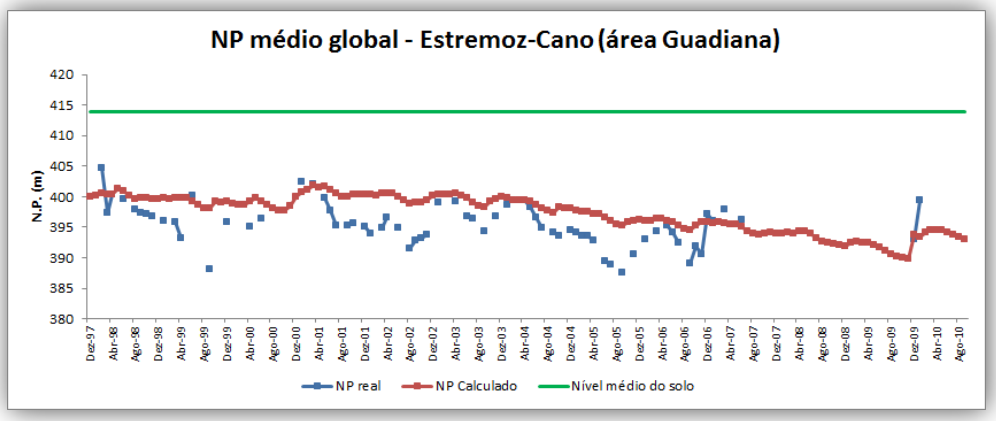


Figura 4.85: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Estremoz-Cano (maximização do R^2).

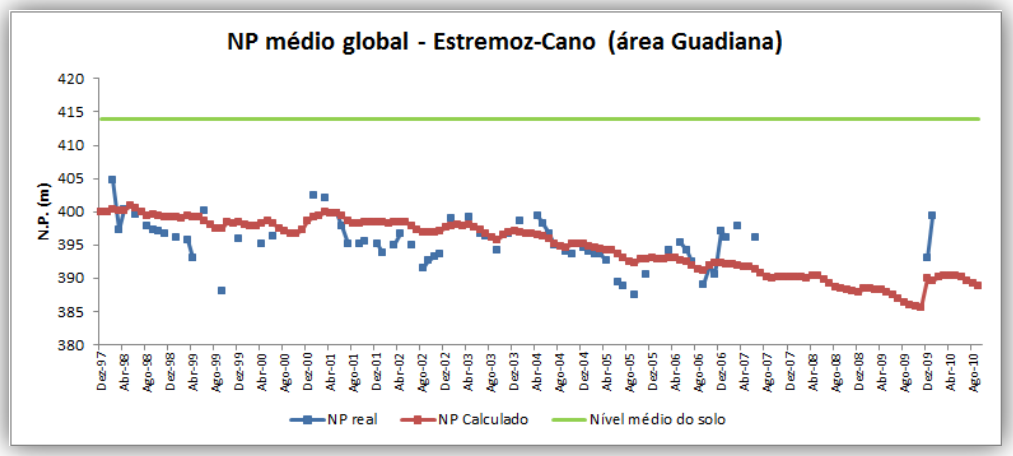


Figura 4.86: Calibração do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Estremoz-Cano (minimização do resíduo).

Tabela 4.80: Parâmetros analisados e respectivos resultados para as tentativas de calibração do modelo de simulação dos níveis de NP global do aquífero Estremoz-Cano.

Parâmetro	1ª Tentativa (max R^2)	2ª Tentativa (min Res)
Taxa de recarga	25%	25%
Coeficiente de armazenamento	0,0097	0,01
Taxa de perdas (desc + ETP)	0,193	0,20
Resultados	**1ª Tentativa (max R^2)**	**2ª Tentativa (min Res)**
R	0,547	0,528
R^2	0,299	0,279
Resíduo (m^2)	1154,18	704,1

Verifica-se, então, uma grande diferença entre os níveis reais e os calculados, o que se reflecte tanto nos valores de R^2, como nos de resíduo, que se afastam bastante dos valores ideais (1 e 0, respectivamente) e também dos níveis de resultados obtidos para os sistemas aquíferos de Elvas-Campo Maior e Elvas-Vila Boim. Além disso, os valores da taxa de perdas

são bastante elevados correspondendo a mais de 19% da precipitação anual, para uma taxa de recarga de 25%, tal como havia sido verificado para o aquífero Elvas-Vila Boim. Assim, para tentar aferir os valores de consumos para rega, obtidos a partir dos dados existentes (RGA 99), foram efectuadas mais algumas simulações. Em primeiro lugar, a partir da calibração de minimização de resíduo foi considerada uma simulação com uma taxa de perdas de 0,05 da P anual, tendo a melhor aproximação sido obtida para um valor anual de consumos para rega de 6 hm^3/ano (admitindo a mesma distribuição mensal em %). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.81 e Figura 4.87.

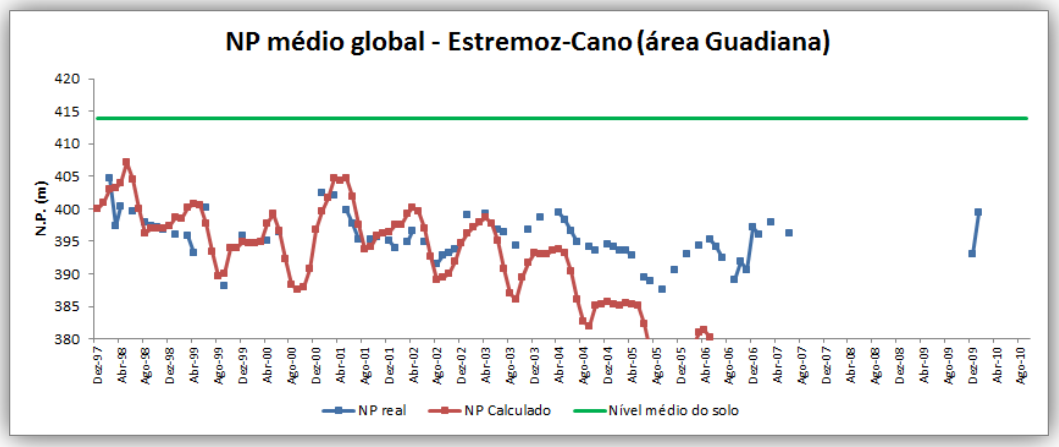


Figura 4.87: Resultados do modelo de simulação do NP global do sistema aquífero Estremoz-Cano, admitindo uma taxa de perdas de 0,05 e consumos de rega de 6 hm^3/ano.

Tabela 4.81: Resultados dos parâmetros na simulação do NP global do aquífero Estremoz-Cano, admitindo uma taxa de perdas de 0,05 e consumos de rega de 6 hm^3/ano.

Parâmetro	
Taxa de recarga	25%
Coeficiente de armazenamento	0,01
Taxa de perdas (desc + ETP)	0,05
Resultados	
R	0,582
R^2	0,338
Resíduo (m^2)	7471

Embora o R^2 resulte, apenas, ligeiramente superior ao anterior, é possível verificar, pelo gráfico da Figura 4.87, uma melhor aproximação aos níveis piezométricos reais no período inicial da simulação, até ao final de 2001/02. Porém, a partir desse ano, surge uma diferença acentuada entre os níveis reais e os simulados, que acaba por contribuir para o aumento do resíduo desta simulação. De facto, essa divergência dos dois gráficos parece apontar uma alteração, durante o período de avaliação, nos consumos dependentes deste aquífero. Isso não se verifica no sector do abastecimento urbano, tal como referido anteriormente, pelo que foi considerada uma redução dos consumos de rega. Os melhores resultados (apresentados na Figura 4.88 e Tabela 4.82) são obtidos para cerca de 3,3 hm^3/ano, a partir de Set-02.

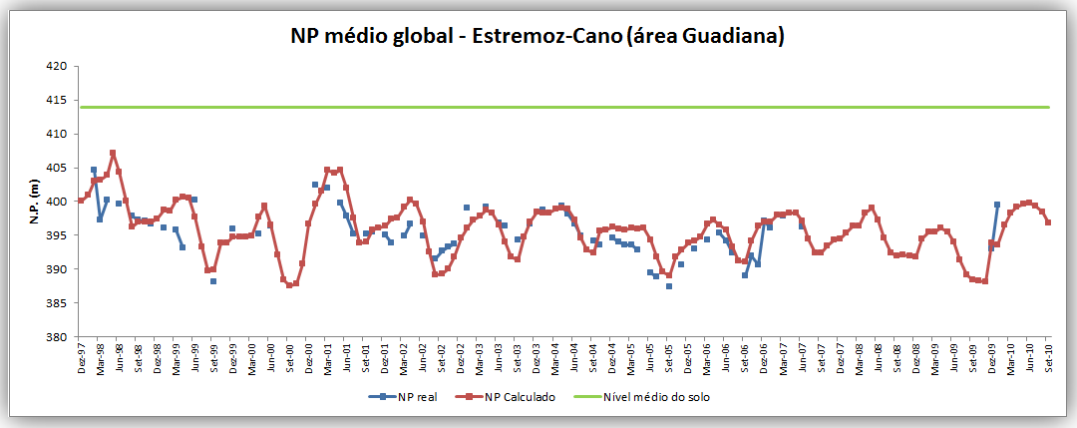


Figura 4.88: Resultados da simulação do NP global de Estremoz-Cano, admitindo consumos de rega de 6 hm^3/ano, até Set-02, e de 3,3 hm^3/ano, após Set-02.

Tabela 4.82: Resultados dos parâmetros na simulação do NP global de Estremoz-Cano, admitindo consumos de rega de 6 hm^3/ano, até Set-02, e 3 hm^3/ano, após Set-02.

Parâmetro	
Taxa de recarga	25%
Coeficiente de armazenamento	0,01
Taxa de perdas (desc + ETP)	0,05
Resultados	
R	0,743
R^2	0,552
Resíduo (m^2)	506,99

Como se pode verificar, tanto pelo gráfico, como pelos resultados dos parâmetros de avaliação (R^2 e resíduo), esta última simulação permite uma melhor aproximação aos NP reais deste aquífero, com valores de R^2 (0,55), ao nível do conseguido para as anteriores simulações.

Não obstante, tal implica um consumo para rega bastante superior ao quantificado a partir dos dados actuais (RGA 99) e, inclusive, que esse consumo tenha sofrido uma alteração para cerca de metade no final do ano de 2001/02. Porém, tal como no caso do aquífero Elvas-Vila Boim, esta questão foi discutida com a U.Évora, tendo sido concluído, no entanto, que, actualmente, não existem dados que permitam aferir os resultados obtidos. Além disso, tal como no caso daquele sistema aquífero, considera-se que, em desenvolvimentos futuros, quando disponíveis novos dados de áreas para o regadio privado, deverá ser efectuada uma nova modelação deste sistema aquífero.

Por outro lado, no início do processo de modelação do presente aquífero, foi admitida a hipótese de ser possível analisar, de forma independente, a área deste sistema que se encontra na bacia do Guadiana o que, face aos presentes resultados, deverá ser reequacionado. Porém, uma vez que tal implicará, também, uma avaliação dos consumos para o regadio privado, na área do Estremoz-Cano inserida na bacia do Tejo, justificar-se-á uma revisão da modelação do presente sistema aquífero, apenas quando forem disponibilizados novos dados, no âmbito do RA 2009.

IV) Avaliação de disponibilidades

Uma vez que, nesta fase, não é possível aferir o modelo desenvolvido para simulação dos NP globais, no aquífero Estremoz-Cano, não deverão ser considerados os valores obtidos na modelação em causa para o coeficiente de armazenamento ou taxa de perdas, de forma similar ao exposto para os anteriores sistemas aquíferos. Por esse motivo, deverá ser considerado um procedimento alternativo de quantificação de disponibilidades, tendo, igualmente, por base, os valores de NP global determinados para o sistema.

Tal como apontado na análise do comportamento geral do presente sistema aquífero, os piezómetros analisados, na área da bacia do Guadiana, apresentam uma boa relação (R^2) com a média global dos piezómetros. Além disso, na região em estudo, as captações dependentes do Estremoz-Cano, para os diferentes sectores utilizadores, estão, também, integradas nessa área, sendo directamente influenciadas pelos níveis piezométricos que aí se verifiquem.

Por outro lado, verifica-se que a última tentativa de calibração do modelo desenvolvido para este aquífero (com uma taxa de perdas de 0,05 e dois períodos de consumos de rega), consegue uma aproximação, com um R^2 bastante razoável (0,55) e com uma diferença, acima ou abaixo dos NP reais, ao nível mensal, de cerca de 1m, em média.

Desta forma, dado o interesse na simulação da evolução dos NP, face ao esquema de gestão do risco de seca, previsto nos pontos anteriores, poderá ser considerada a utilização desse modelo para aproximação dos valores de NP global desta área, à escala do ano hidrológico, tal como exemplificado para o ano de 2004/05 na Figura 4.89.

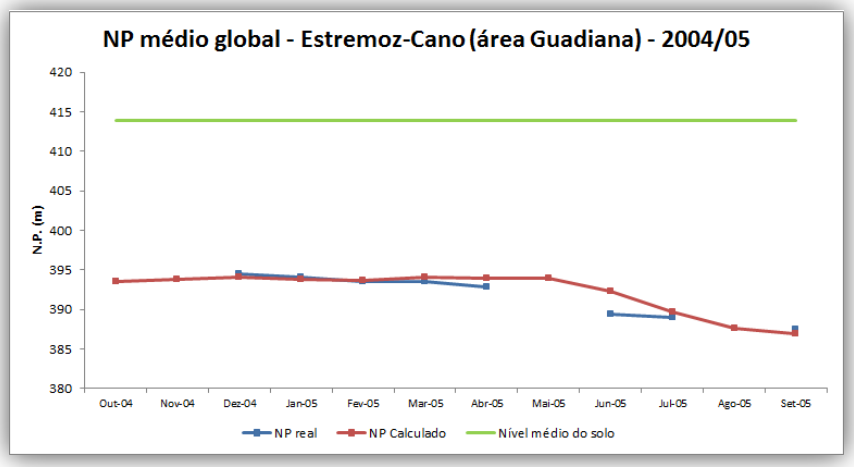


Figura 4.89: Simulação dos NP do aquífero Estremoz-Cano, na área do Guadiana, para o ano hidrológico de 2004/05 e comparação com os NP reais.

A partir desses valores e considerando limiares de exploração (profundidades) específicos para esta área do sistema aquífero, será possível efectuar uma análise, à escala do ano hidrológico, dos meses em que os NP globais estiveram acima desses limiares. Se estes estiverem sempre acima de limiares de exploração definidos, considera-se que é possível a total satisfação das necessidades para os diferentes sectores utilizadores. Todavia, se os mesmos forem inferiores a esses limites, considerar-se-á que existe défice. O valor do mesmo será dado pela soma das necessidades mensais, em cada sector, dos meses em que os NP globais estão

abaixo dos limiares de exploração definidos. Este esquema deverá ser repetido todos os meses com o apuramento de novos valores de precipitação anual (resultantes da conjugação dos valores reais e dos cenários de precipitação mensal) e de NP reais.

Assim, para definição dos limites de exploração desta área do sistema aquífero, deverá atender-se que, como referido anteriormente (Tabela 4.76) a espessura deste aquífero é superior a 200 m, pelo que o limiar deverá ser estipulado, não pela base do sistema aquífero, mas pela profundidade das captações existentes na área. Assim, para o sector agrícola, como considerado por Costa (2008) e admitido, também, para o aquífero Elvas-Vila Boim, foi apontada uma profundidade média de captações, para fins agrícolas, de 70 m, podendo, este valor ser considerado como limiar de exploração do sector agrícola. Porém, tal como referido em 4.2.4, as captações para abastecimento urbano são pouco profundas, sendo apontados valores na ordem dos 20 a 40 m (Almeida *et al*, 2000c). Estas mesmas captações são consideradas vulneráveis ao abaixamento dos níveis piezométricos em situações de seca prolongada (Midões & Costa, 2010). Por esse motivo deverá ser previsto um limiar de exploração distinto do considerado para o sector agrícola. Porém, não tendo sido possível apurar a profundidade actual das captações existentes, nem a relação dos níveis piezométricos nas mesmas com os valores de NP global avaliados, na presente tese, para este sistema aquífero, o mesmo foi estabelecido de acordo com a possibilidade de verificação de impactos neste tipo de captações (descrito em seguida).

Como se pode verificar pela Figura 4.89, no ano de seca de 2004/05 as profundidades do nível de água médio (NP global) estiveram sempre acima dos 20 metros, atingindo, no período de Verão (meses de Julho, Agosto e Setembro de 2005) valores superiores a 25 m de profundidade. Por outro lado, verifica-se, pela análise do funcionamento dos sistemas, no sector do abastecimento urbano (ponto 4.3.3), e, por comparação com os dados de impactos referentes à seca de 2004/05 (ponto 3.3.6), que os principais concelhos servidos por captações nesta área do sistema aquífero, i.e., Borba, Vila Viçosa e Alandroal (Borba, de forma exclusiva e Vila Viçosa e Alandroal complementados com captações no MAI), apresentaram impactos significativos durante essa situação de seca. De facto, tal como indicado em 4.3.3.2, as principais causas subjacentes aos impactos ocorridos nesses concelhos foram o baixo nível de águas subterrâneas, ou mesmo o esgotamento de furos, embora não tenha chegado a ser adoptado, nos concelhos de Borba e Vila Viçosa, o nível de medidas de emergência[147]. Mesmo no caso do concelho do Alandroal, verifica-se que a execução de duas novas captações, Palha RA4 e Palha RA5 (INAG, 2006), na sequência da situação de seca de 2004/05, se localizaram nas zonas limítrofes do sistema do Alandroal, sendo dependentes do MAI (Figura 4.48).

Assim, para a definição do limiar de exploração sem problemas atendeu-se a que: (i) os valores mais reduzidos da série de registos do nível piezométrico global, analisada em 4.2.4 (de 1998/99 a 2009/10), verificam-se em 2004/05, (ii) não é conhecida a ocorrência de impactos noutros anos e (iii) os impactos verificados nesse ano nos concelhos de Borba, Vila Viçosa e Alandroal poderão ser considerados relativamente ligeiros, face aos níveis de consumos globais desses concelhos, uma vez que não foram adoptadas medidas de emergência específicas.

[147] Ver Anexo 1.

Face ao nível de incerteza existente e, também perante a ordem de grandeza dos volumes obtidos a partir deste sistema aquífero, que constitui a principal origem de água da UAG 2, foram adoptadas as seguintes considerações para a definição do limiar de exploração:

a) admitindo um coeficiente de armazenamento correspondente ao valor intermédio do intervalo indicado na Tabela 4.76, i.e., de 0,005 e considerando apenas a área do Estremoz-Cano localizada na área da bacia do Guadiana (51,64 km^2), o volume de água disponível nesse aquífero será de aproximadamente 0,26 hm^3 por cada metro de profundidade. Este valor será, assim, superior às necessidades mensais médias para o sector urbano a partir do sistema aquífero Estremoz-Cano (cerca de 0,145hm^3/ mês, segundo os dados de 2008 (INSAAR, 2009));

b) antes da ocorrência do esgotamento de furos, deverá considerar-se uma redução antecipada dos consumos extraídos a partir deste sistema aquífero, podendo ser admitido que os mesmos serão colmatados ou reduzidos pela adopção de medidas preventivas. O custo das medidas a adoptar poderá ser estimado pelo custo correspondente ao abastecimento desse volume por autotanque;

c) uma vez que, em 2004/05, é referenciada a ocorrência de problemas, tal como acima referenciado, tendo sido atingido um valor máximo, em Agosto de 2005, superior a 27 m de profundidade (27,15m), o limiar de exploração sem problemas deverá corresponder a uma profundidade inferior a esse valor;

d) considerando o procedimento de quantificação de custos acrescidos para a colmatação de volumes em falha descrito no ponto 4.3.3, deverá ser distinguida a possibilidade de abastecimento por autotanque, da necessidade de execução de novos furos. Por esse motivo, deverá procurar-se um equilíbrio entre a antecipação da adopção de medidas, e os valores de custo resultantes da metodologia considerada, bem como com a indicação da necessidade de execução de novos furos.

Atendendo a estas considerações foi admitida a definição de diferentes limiares de exploração, num esquema por escalões:

- Quando o nível piezométrico global atingir uma profundidade igual ou superior a 26m, verifica-se uma redução de 5% dos volumes mensais extraídos do aquífero Estremoz-Cano, durante o período de tempo em que as profundidades médias globais deste sistema aquífero estiverem acima desse limiar. O somatório anual dos volumes correspondentes a essa redução de volume corresponderá ao volume em défice, cujo custo de colmatação será quantificado segundo o procedimento descrito em 4.3.3.

- Se o nível piezométrico global atingir uma profundidade igual, ou superior, a 27m, a redução dos volumes extraídos do aquífero Estremoz-Cano passará a ser de 10% dos volumes mensais, apenas do período de tempo em que os níveis estiverem abaixo dos 27m.

- A partir dos 28m de profundidade a redução a considerar deverá ser de 20%, a partir dos 29m, de 40%, a partir dos 30m, de 60%, e assim sucessivamente até ao limite de 100% de redução, aos 32m de profundidade.

O critério seguido para a definição destes valores de redução procurou atender, por um lado, ao método considerado para a quantificação de custos acrescidos na avaliação do sector

do abastecimento urbano. Assim, para o valor de défice anual considerado como limite para o abastecimento por autotanque (cerca de 0,0144 hm^3/ano) e a partir do qual será admitida a construção de novos furos, ou o aumento da profundidade das captações existentes, a redução de 5% dos consumos mensais, entre os 26 e os 27 m de profundidade, levará a que se se verificar essa situação por 3 meses, seja considerada a execução de novas captações. De igual forma, a redução de 10% entre os 27 e os 28 m de profundidade faz com que, mais do que 1 mês nessa situação, conduza à consideração de novas captações. Por outro lado, a redução crescente de 20% por cada metro de profundidade além dos 28m, pretende traduzir uma evolução linear além desse valor, até ao limite dos 100% de redução, uma vez que não é conhecida a profundidade exacta das captações existentes e, por consequência, da relação das mesmas com o nível piezométrico global[148].

4.5.2.5 Considerações finais

Face ao procedimento de modelação levado a cabo, para a região em estudo, e aos resultados obtidos na simulação dos níveis piezométricos globais dos principais sistemas aquíferos importa referir que:

- A limitação de dados (NP) verificada, na região em estudo, para a avaliação destas massas de água subterrâneas, dificulta qualquer tarefa de modelação, em especial segundo modelos numéricos, de base conceptual mais complexa do que o esquema adoptado na presente tese (ex. elementos finitos), como por exemplo o *Groundwater Modelling System* (GMS)[149] (Aquaveo, 2010).

- Os consumos para o sector agrícola, dependentes deste tipo de origens (subsector do regadio privado) foram estimados atendendo às áreas regadas identificadas a partir do RGA 1999 e actualizadas de forma aproximada[150], no âmbito do projecto SPGS (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a, 2010b), na falta de dados mais fidedignos e consistentes para a região em estudo;

- Sendo importantes origens de água na região em estudo e apesar de não existir, até à data, indicação da ocorrência de problemas nas captações integradas em alguns destes sistemas aquíferos (nomeadamente no Elvas-Campo Maior e Elvas-Vila Boim), a avaliação e gestão do risco de seca, segundo o esquema desenvolvido, deverá considerar sempre uma avaliação prospectiva da possível evolução do estado dessas massas de água, à escala do ano hidrológico, procurando detectar e alertar previamente eventuais situações de défice.

Como tal, apesar de se tratar de uma avaliação simplificada, poderão ser utilizadas as soluções propostas na presente tese para estimar um balanço necessidades – disponibilidades para as utilizações dependentes deste tipo de origens. Não obstante, tal como referido anteriormente, este ponto deverá ser alvo de uma análise mais aprofundada no futuro, quando

[148] Este procedimento de quantificação dos volumes em défice, para o sector urbano, no aquífero Estremoz-Cano deverá ser aferido junto da entidade gestora actualmente responsável pela exploração destes sistemas (AdCA), nomeadamente para conhecimento da profundidade das captações existentes e relação das mesmas com o nível piezométrico global do sistema aquífero.

[149] Este modelo permite a conjugação de vários módulos com o *software Modflow*, para modelação tão mais completa e complexa do sistema aquífero quanto se pretenda, incluindo a fase saturada e não saturada, a componente de qualidade da água, etc. (Aquaveo, 2010)

[150] Ver ponto 4.3.2

estiverem disponíveis mais dados, em especial para aferição dos consumos de rega associados a estes aquíferos.

4.5.3 Águas superficiais – Pequenas albufeiras de iniciativa privada (Regadio Privado)

4.5.3.1 Esquema geral

Para a simulação das disponibilidades nas pequenas albufeiras de iniciativa privada (dedicadas de forma praticamente exclusiva ao regadio privado), foi tomada como base a avaliação efectuada pela U.Évora, em relação a esta matéria (Serralheiro *et al*, 2010b). Tal como apontado em 4.3.2, não existe uma monitorização dos volumes disponíveis nas múltiplas albufeiras privadas. Porém, é possível verificar, pelas capacidades instaladas, cujos volumes globais, por concelho, são indicados na Tabela 4.83, que as mesmas poderão armazenar volumes suficientes para mais de um ano de necessidades de rega (comparando com as necessidades identificadas nas Tabelas 3.20 a 3.22 – UAG 1: 9,72 hm^3/ano; UAG 2: 3,88 hm^3/ano; UAG 3: 7,57 hm^3/ano).

Tabela 4.83: Capacidades de armazenamento totais, em albufeiras privadas, por UAG, por concelho (adaptado de Serralheiro *et al*, 2010b)

	UAG 1			UAG 2			UAG 3		
Concelhos	**% Área**	**Nº alb**	**Capac. (hm^3)**	**% Área**	**Nº alb**	**Capac. (hm^3)**	**% Área**	**Nº alb**	**Capac. (hm^3)**
Arronches	94	24	3,735						
Portalegre	41	6	0,919						
Campo Maior	98	10	1,170						
Monforte	8	2	0,936						
Elvas	81	19	6,271	7	2	0,542			
Vila Viçosa	32	2	0,321	68	4	0,683			
Alandroal	2	1	0,065	76	13	2,466	22	4	0,714
Borba				57	5	1,203			
Redondo				17	1	0,581	82	7	2,801
Estremoz							10	2	0,552
Arraiolos							5	3	0,638
Évora							52	16	6,345
Reg. de Monsaraz							100	10	10,351
Mourão							87	7	1,147
Moura							17	4	0,748
Portel							53	12	4,081
Total UAG	-	64	13,417	-	25	5,475	-	65	27,377

Não obstante, apesar de não serem conhecidas as áreas das bacias hidrográficas dessas albufeiras, nem forma de serem estimadas por via indirecta, uma vez que a informação relativa a estas albufeiras (ARH-Alentejo, 2010) não se encontra georreferenciada, foi

considerado o seguinte procedimento de avaliação interanual das disponibilidades nessas origens, tal como já apontado, de forma resumida, em 4.3.2:

- Em primeiro lugar, considera-se que a capacidade máxima das albufeiras é atingida em ano normal, o que corresponde a assumir que o escoamento afluente às mesmas, nessas condições, permite atingir a capacidade total das albufeiras.
- Em segundo, foi considerado que as afluências a essas albufeiras podem ser estimadas por um modelo precipitação-escoamento. Esse modelo permite apontar, a partir dos dados de precipitação, as alturas de escoamento anuais (em mm) correspondentes à situação de referência e a uma situação de seca. Com base nesses dados, é, então, possível definir uma proporção, correspondente à afectação em situação de seca que, por aplicação, à capacidade total das albufeiras por concelho (admitindo que o escoamento superficial, em situação de referência, iguala a capacidade dessas albufeiras) permite estimar o volume (hm^3/ano) de afluências em situação de seca.
- Por fim, as disponibilidades serão obtidas por um balanço estimativo do ano anterior (dado pela diferença entre as disponibilidades desse ano e as correspondentes necessidades), e as afluências do ano em análise. Refira-se que, caso o escoamento no ano anterior tenha sido igual ou superior ao correspondente à situação de referência, as disponibilidades desse ano são consideradas correspondentes à capacidade total das albufeiras.

Assim, se, por exemplo, numa das UAG o escoamento total anual, em ano normal (de referência), for de 100mm e, numa dada situação de seca, o escoamento correspondente calculado for de 50mm, a afectação, para a UAG respectiva, será de 50%. Atendendo a essa proporção, se, num dado concelho, as capacidades de armazenamento forem de 40hm^3, as afluências nessa situação de seca corresponderão a 20hm^3. Por outro lado, se existirem cerca de 30 hm^3 de necessidades para rega, e o ano anterior foi normal (i.e., com um valor de escoamento igual ou superior à situação de referência), o volume que ficou armazenado desse ano, que transita para o presente, vai ser de 10hm^3 (obtido por balanço entre as disponibilidades e necessidades: 40-30), ao qual acrescem as afluências desse ano de seca, ou seja, os 20 hm^3. Apesar de não existir défice nesse ano, as albufeiras, nesse concelho, resultarão vazias para o ano seguinte, o que poderá ser problemático caso se verifique outra situação de seca. Não obstante, caso o ano seguinte iguale ou supere a situação de referência, o escoamento correspondente permitirá atingir a capacidade total das albufeiras (ou seja, os 40hm^3).

Para a implementação deste método de quantificação das disponibilidades nas pequenas albufeiras, procurou-se traduzir a geração de escoamento superficial, em regime natural, ao nível de cada UAG, em função das condições meteorológicas nelas verificadas (precipitação e evapotranspiração potencial ou de referência). Assim, atendendo às estações hidrométricas existentes nessas UAG[151], cujo regime de escoamento poderá ser admitido próximo do regime natural, foi efectuado um procedimento de simulação hidrológica para a região em estudo, que se descreve em seguida.

[151] Ver ponto 4.2.2.

4.5.3.2 Simulação hidrológica

Para a simulação hidrológica, foi utilizado o modelo de Temez (Temez, 1977), um modelo determinístico que consiste numa simplificação do clássico modelo de *Stanford* – SWM (*Stanford Watershed Model*) (Crawford & Linsley, 1966). A escolha deste modelo deveu-se ao facto de ser um modelo amplamente utilizado a nível nacional e, também para a região hidrográfica do Guadiana, nomeadamente no âmbito da elaboração do Plano Nacional da Água (INAG, 2001b) e ainda no Projecto SIAM (SIAM, 2002; SIAM II, 2006), para a avaliação dos potenciais efeitos sobre os recursos hídricos de eventuais cenários de Alterações Climáticas. Além disso, este modelo é, conceptualmente, bastante similar ao modelo SIMPA utilizado em Espanha, nas mais importantes bacias hidrográficas (Álvarez *et al*, 2005).

Descrição do modelo de Temez

De forma simplificada, poder-se-á dizer que o modelo de Temez estima, de forma contínua no tempo, o escoamento gerado em regime natural, numa dada bacia, a partir dos dados das variáveis precipitação e evapotranspiração (ET), ou, em alternativa, da temperatura (dado que o modelo possui um módulo para estimativa da ET potencial ou, de referência - ETo). O modelo de Temez reproduz, então, os processos essenciais do transporte de água no ciclo hidrológico (Figura 4.90), estando de acordo com os princípios da continuidade, da conservação da massa hídrica e das leis específicas de transferência entre as diferentes fases desse ciclo (INAG, 2001b).

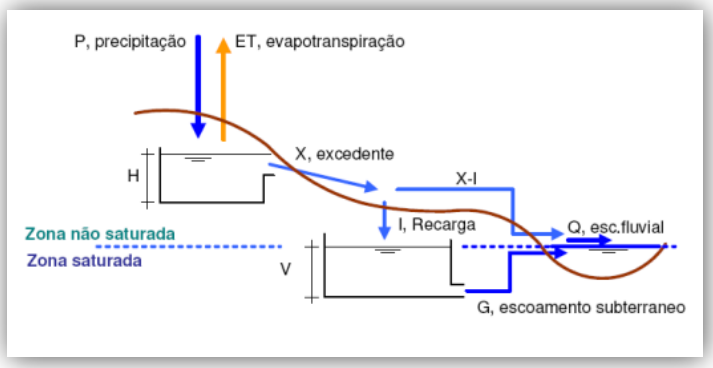


Figura 4.90: Esquema de simulação do modelo de Temez (INAG, 2001b)

Assim, segundo o esquema proposto na Figura 4.90, o subsolo de uma dada bacia é dividido em duas grandes zonas (simuladas como reservatórios): uma superficial não saturada (em que a água armazenada corresponde à humidade do solo) e uma zona subterrânea saturada (em que a água armazenada corresponde aos volumes acumulados no aquífero subterrâneo). O reservatório superficial recebe água por precipitação, *P*, e perde por evapotranspiração, *ET*, ou por excesso da sua capacidade de armazenamento. Esse excedente, *X*, infiltra-se ou escoa superficialmente. Por sua vez o reservatório subterrâneo recebe água por infiltração, *I*, e perde por esgotamento, ou descarga, do aquífero, *G*. O escoamento superficial total da bacia, *Q*, corresponde à soma do excedente superficial com o escoamento base, correspondente à parcela G proveniente do aquífero (INAG, 2001b).

Tendo por base esse esquema, a formulação matemática do modelo original de Temez é detalhadamente descrita por Oliveira (1998), sendo resumida em seguida:

O excedente de precipitação, X_t, num dado intervalo de tempo t é calculado pela expressão [4.17]:

$$X_t = \begin{cases} 0 \; se \; P_t \leq Po \\ \frac{(P_t - Po)^2}{P_t + \delta - 2.Po} \; se \; P_t > Po \end{cases} \quad [4.17]$$

Pt é correspondente à precipitação ocorrida no intervalo de tempo *t* e *Po* à parcela de volume disponível no reservatório superficial (zona não saturada), no início do período de simulação. O valor de *Po* é dado por [4.18]:

$$Po = C.(H_{max} - H_{t-1}) \quad [4.18]$$

Nesta expressão, o parâmetro *C* corresponde ao coeficiente de excedente, i.e., perda de água para o escoamento superficial imediato. Esse valor, variável entre 0 e 1, será tanto maior quanto mais elevada for a retenção de água no solo. Por sua vez, H_{max} corresponde à capacidade de armazenamento do solo e, H_{t-1}, ao volume armazenado no reservatório superficial no final do período *t-1*.

O parâmetro *δ,* apresentado na expressão [4.17] é dado pela máxima diferença entre a precipitação e o excedente, o que corresponde ao volume de armazenamento disponível no reservatório de superfície durante o período *t,* segundo a expressão [4.19]:

$$\delta = H_{max} - H_{t-1} + ETo_t \quad [4.19]$$

Por sua vez, a evapotranspiração da bacia, ET_t [4.20], é limitada pela evapotranspiração potencial, ou de referência, ETo_t, e pela água disponível no reservatório superficial.

$$ET_t = \min(H_{t-1} + P_t - X_t \, , ETo_t) \quad [4.20]$$

A humidade do solo, i.e., o volume armazenado no reservatório de superfície é calculado por balanço de massa deste reservatório, segundo a expressão [4.21].

$$H_t = \max(0 \, , H_{t-1} + P_t - X_t - ETo_t) \quad [4.21]$$

O excedente de precipitação, X_t, subdivide-se, ainda, nas parcelas infiltração e escoamento superficial. A infiltração, I_t, que constitui a recarga dos aquíferos da bacia, é determinada pela expressão [4.22], verificando-se que a mesma aumenta com o excedente, tendendo assimptoticamente para I_{max}.

$$I_t = I_{max}.\frac{X_t}{X_t + I_{max}} \quad [4.22]$$

Tal como referido anteriormente, os aquíferos em causa, são representados por um reservatório que se supõe ter uma capacidade ilimitada. Não obstante, a descarga do mesmo, *G* (expressão [4.23]), é proporcional ao volume armazenado no reservatório, de acordo com o coeficiente de esgotamento do aquífero, *α*.

$$G = \alpha.V \quad [4.23]$$

Assumindo que a recarga do aquífero se processa uniformemente ao longo do intervalo de simulação, a integração, no tempo, da expressão [4.23], conduz à expressão [4.24] para o cálculo da descarga total no intervalo de simulação *t*.

$$G_t = G_{t-1}.e^{-\alpha.t} + I_t.(1 - e^{-\alpha.t}) \quad [4.24]$$

No final do intervalo de simulação, o volume armazenado no aquífero resulta, então ([4.25]) do balanço de massa do reservatório subterrâneo.

$$V_t = V_{t-1} + I_t - G_t \quad [4.25]$$

Por fim, o escoamento superficial da bacia corresponde ao somatório [4.26].

$$Q_t = X_t - I_t + G_t \quad [4.26]$$

De acordo com esta formulação, o modelo original de Temez depende, então, de quatro parâmetros para calcular o escoamento a partir da precipitação e evapotranspiração potencial, nomeadamente (Oliveira, 1998):

- coeficiente de excedente, *C*;
- capacidade de campo (armazenamento no solo), H_{max} [mm/mês];
- taxa máxima de infiltração, I_{max} [mm/mês] e
- taxa de esgotamento do aquífero subterrâneo, α [mm/dia].

De facto, verifica-se que o coeficiente de excedente, *C*, representa a maior ou menor contribuição da precipitação para o escoamento superficial directo em função do volume ocupado pela água na zona não saturada do solo. Como tal, valores elevados de *C* conduzem a maiores retenções de água nas camadas superficiais de solo não saturado.

Por outro lado, a capacidade máxima de armazenamento de água no solo, H_{max}, representa a quantidade de água que pode ser armazenada nessas camadas superficiais. Valores elevados deste parâmetro tendem a aumentar a água disponível para a evapotranspiração, com uma consequente redução dos escoamentos superficial e total.

O parâmetro taxa máxima de infiltração, I_{max}, refere-se à quantidade máxima de água infiltrada por unidade de tempo, afectando, essencialmente, a distribuição mensal dos valores de escoamento (quanto maior a taxa de infiltração menor o escoamento gerado no mês em análise, mas maior será, também, o armazenamento subterrâneo, gerando maiores volumes de descarga (*G*) noutros meses), e, por fim, a taxa de esgotamento do aquífero subterrâneo, α, relaciona-se com a taxa com que a água armazenada nos sistemas aquíferos é drenada para a rede hidrográfica, afectando, de igual forma, a distribuição temporal do escoamento.

Aplicação à região em estudo

O processo de calibração do modelo de Temez, para a parte portuguesa da bacia do Guadiana, foi levado a cabo pela equipa de investigação da FEUP, integrando o autor da presente dissertação, no âmbito do projecto SPGS (Pêgo *et al,* 2010). Resumem-se, em seguida, para a região em estudo, os principais passos desse processo.

Foram identificadas 7 estações hidrométricas (SNIRH, 2010), na bacia hidrográfica do Guadiana, cujos escoamentos se processam em estado quase natural[152]. Os registos destas estações serviram para a calibração do modelo de Temez. Para a região em estudo, são apenas 3 as estações consideradas, identificadas no ponto 4.2.2, e correspondentes às estações de Monte Pisão (19N/01H) e Ponte Algalé (19N/02H), ambas localizadas na UGA 1, e Amieira (24L/01H), na UAG 3. A UAG 2 não integra nenhuma estação hidrométrica nas condições referidas, pelo que terá de ser representada através das estações das UAG 1 e 3[153].

Os dados de base utilizados no modelo consistem nas séries de precipitação mensal que ocorre sobre a bacia hidrográfica de cada estação hidrométrica[154] e a evapotranspiração potencial mensal da mesma[155], sendo obtidos, como resultados do modelo, os dados de evapotranspiração real, de infiltração no solo e de escoamento superficial.

Refira-se, ainda, que, apesar de o modelo de Temez permitir uma estimativa de recarga das águas subterrâneas (infiltração), não existem dados que permitam efectuar uma validação desses resultados. Isso mesmo é apontado, no âmbito do PNA (INAG, 2001b), onde se refere que a calibração dessa componente não foi efectuada por falta de dados para aferição dos resultados obtidos. Assim, no presente trabalho, considerou-se apenas a utilização deste modelo para estimativa do escoamento superficial em regime natural.

Para avaliação do escoamento superficial foi, então, efectuada uma calibração dos parâmetros indicados, procurando que a curva cronológica de escoamento calculado se aproximasse da do escoamento observado nas estações hidrométricas consideradas[156].

Essa calibração foi efectuada pelo ajuste dos parâmetros em causa, recorrendo ao método *Evolutionary*, da ferramenta *Solver* do *Microsoft Excel*, tal como efectuado para a modelação dos sistemas aquíferos. A qualidade do ajuste foi medida pelo coeficiente de determinação, R^2, entre o valor de escoamento real e o valor de escoamento calculado, sendo que o critério de optimização considerado foi o de minimização do resíduo, ou seja, do quadrado das diferenças entre o valor calculado e o valor real.

Não obstante, foram tomados, como ponto de partida, os intervalos indicativos da possível variação desses parâmetros (Tabela 4.84), fruto de calibração efectuada, para a parte portuguesa da bacia do Guadiana, no âmbito do Plano Nacional da Água - PNA (INAG, 2001b).

Tabela 4.84: Intervalos de variação dos parâmetros de calibração do Temez para a parte portuguesa da bacia hidrográfica do Guadiana (INAG, 2001b)

Parâmetro	Valor Min	Média	Valor Máx
C	0.66	0.9	1
H_{max}	50	85	154
I_{max}	30	30	30
α	0.03	0.03	0.03

[152] Tal como apontado no ponto 4.2.2.

[153] Processo a descrever adiante.

[154] Determinada, de forma ponderada, com base nas áreas de influência dos polígonos de *Thiessen* (ver ponto 4.2.2, Figura 4.14).

[155] Ver ponto 4.3.2 e Anexo 9

[156] Para calibração do modelo de *Temez* foram considerados os registos de escoamento avaliados em 4.2.2 e apresentados no Anexo 5.

Porém, tendo sido possível verificar que: (i) o período de análise do PNA foi de 1941 a 1991, (ii) das estações consideradas, apenas a estação da Amieira foi avaliada na calibração efectuada no âmbito do PNA, e (iii) não ter sido considerada, nessa calibração, mais nenhuma estação hidrométrica na área da presente região em estudo, foram admitidos os seguintes cenários de simulação:

- utilização dos valores médios dos parâmetros (Tabela 4.84), de acordo com a calibração efectuada para o PNA (INAG, 2001b);
- optimização respeitando apenas os limites mínimos dos intervalos definidos para cada parâmetro;
- optimização respeitando apenas os limites máximos desses intervalos;
- optimização respeitando os limites mínimos e máximos desses intervalos;
- optimização sem imposição de valores limite para os parâmetros de calibração.

Nas Tabelas 4.85 a 4.87 são sumariados os resultados das simulações para as estações hidrométricas consideradas.

Tabela 4.85: Resultados obtidos para a estação de Monte Pisão (Pêgo *et al*, 2010)

Parâmetro	Unidade	Valores médios PNA	Optimização mínimos PNA	Optimização máximos PNA	Optimização nos limites PNA	Optimização "sem limites"
C	[-]	0,90	0,66	0,69	0,66	0,14
Hmax	[mm/mês]	85,0	295,8	154,0	154,0	426,1
Imax	[mm/mês]	30,0	994,5	30,0	30,0	591,8
Alfa	[mm/dia]	0,030	0,030	0,010	0,030	0,030
R^2	[-]	0.811	0,8035	0.8708	0.8706	0,8476
Resíduo	[mm^2]	244.991	30.381	122.966	145.358	16.478

Tabela 4.86: Resultados obtidos para a estação de Ponte Algalé (Pêgo *et al*, 2010)

Parâmetro	Unidade	Valores médios PNA	Optimização mínimos PNA	Optimização máximos PNA	Optimização nos limites PNA	Optimização "sem limites"
C	[-]	0.90	0.66	0.66	0.68	0.62
H max	[mm/mês]	85.0	169.3	154.0	154.0	172.0
I max	[mm/mês]	30.0	265.4	30.0	30.0	241.2
Alfa	[mm/dia]	0.030	0.034	0.010	0.030	0.034
R^2	[-]	0.8135	0.8665	0.8663	0.868	0.8654
Resíduo	[mm^2]	30.979	8.257	10.885	12.041	8.248

Tabela 4.87: Resultados obtidos para a estação de Amieira (Pêgo *et al*, 2010)

Parâmetro	Unidade	Valores médios PNA	Optimização mínimos PNA	Optimização máximos PNA	Optimização nos limites PNA	Optimização "sem limites"
C	[-]	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00
H max	[mm/mês]	85.0	107.6	107.0	106.9	107.6
I max	[mm/mês]	30.0	50.2	29.9	30.0	50.2
Alfa	[mm/dia]	0.030	0.043	0.030	0.030	0.043
R^2	[-]	0.7802	0.8090	0.8098	0.8098	0.8090
Resíduo	[mm^2]	100.563	87.125	87.277	87.277	87.125

Como se pode comprovar pela análise das Tabelas 4.85 a 4.87, as estações hidrométricas consideradas acabaram por apresentar valores elevados do coeficiente de determinação ($R^2 > 0.75$), demonstrando o bom funcionamento do modelo de Temez na previsão do escoamento a partir da precipitação e da evapotranspiração potencial.

Além disso, como o processo de calibração foi efectuado de forma a minimizar o resíduo, ainda que sujeito às restrições especificadas em cada cenário, o valor mais baixo deste coeficiente é sempre obtido para a optimização efectuada sem qualquer tipo de limite, o que significa que os melhores resultados surgem fora dos intervalos de valores estipulados, no âmbito do PNA, para os parâmetros na área em causa. Demonstrativo disso mesmo é apresentada nas Figuras 4.91 a 4.93 a comparação, para cada estação hidrométrica (Monte Pisão, Ponte Algalé e Amieira) das séries cronológicas de escoamento observado, com as séries de escoamento calculado, obtidas através da optimização nos limites dos intervalos do PNA e através da optimização sem qualquer tipo de restrição.

Analisando as Figuras 4.91 a 4.93, é, então, possível verificar que, tanto na estação de Monte Pisão, como na estação de Ponte Algalé, os resultados da optimização nos limites do PNA resultam bastante superiores aos escoamentos reais observados, em especial nos picos de escoamento, verificados nos anos mais húmidos. Por outro lado, os resultados da optimização sem limites, em ambas as estações, resultam bastante mais próximos dos valores observados.

No caso da estação da Amieira, verifica-se que as duas simulações apresentam resultados similares (dada a proximidade dos valores obtidos para os respectivos parâmetros de calibração). Tal seria, todavia, expectável, dado que esta foi uma das estações de monitorização consideradas para a calibração do Temez, no âmbito do PNA. Não obstante, ao contrário do que sucede nas outras estações, as simulações para a estação de Amieira não excedem os valores reais de escoamento em anos húmidos, algo que poderá resultar, também, do facto de esta estação possuir uma maior extensão de registos.

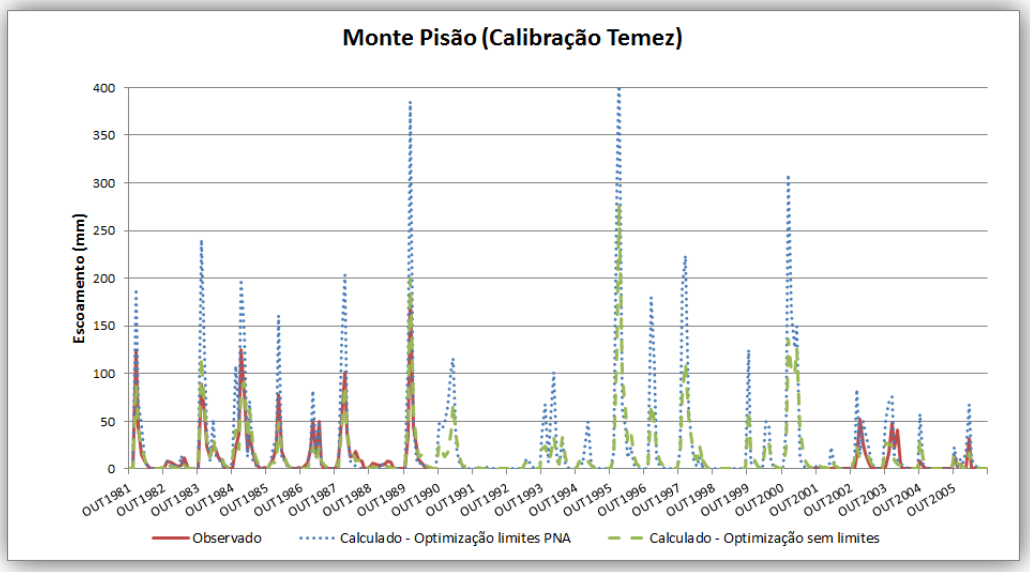


Figura 4.91: Séries cronológias de escoamento calculado e observado para a estação hidrométrica de Monte Pisão (Pêgo *et al*, 2010)

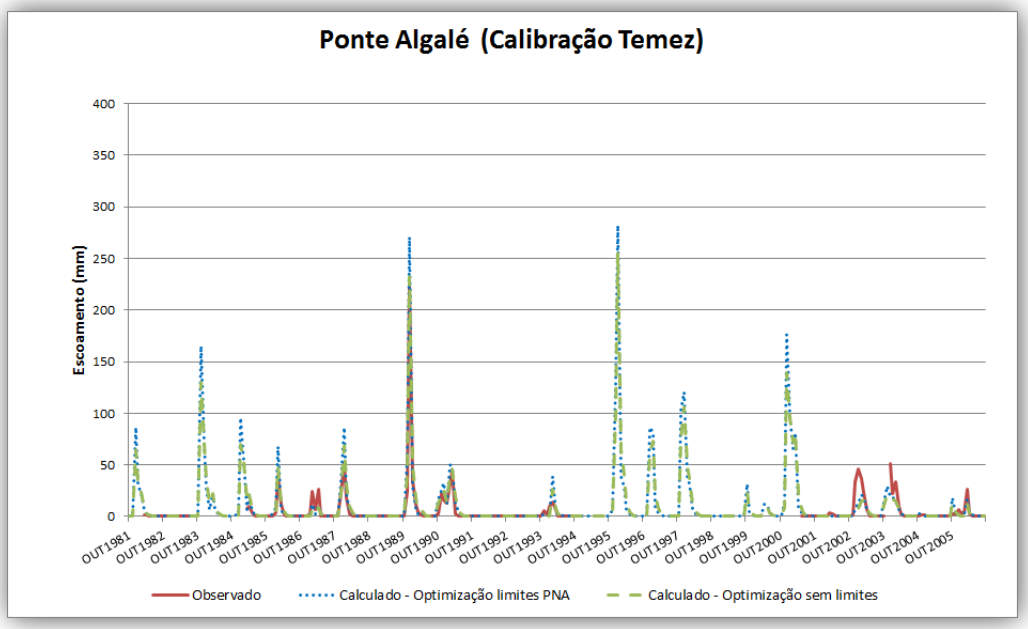


Figura 4.92: Séries cronológias de escoamento calculado e observado para a estação hidrométrica de Ponte Algalé (Pêgo *et al*, 2010)

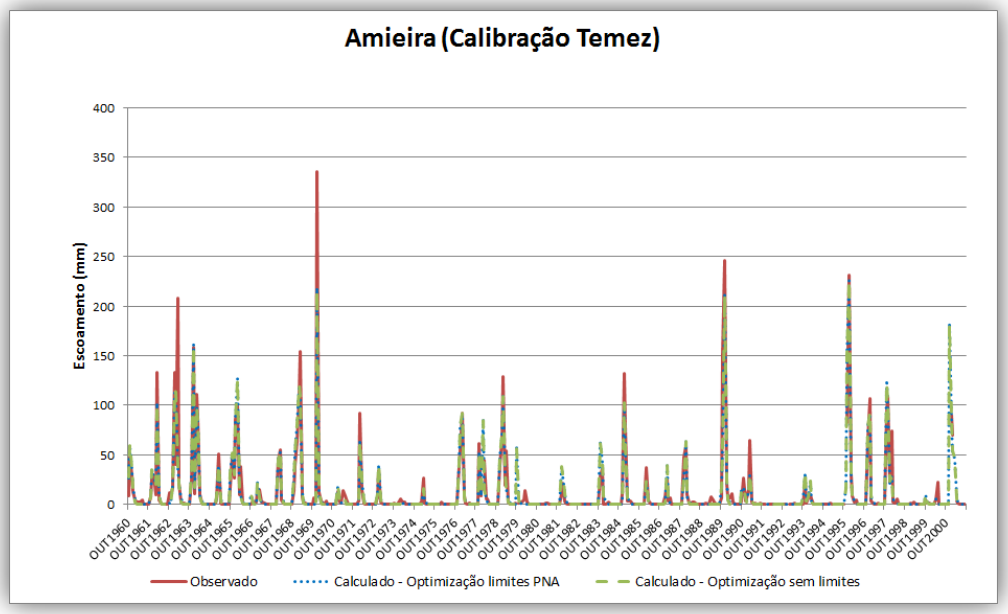


Figura 4.93: Séries cronológias de escoamento calculado e observado para a estação hidrométrica de Amieira (Pêgo *et al*, 2010)

Assim, procurando maximizar a proximidade entre os escoamentos calculados, e os reais verificados, foram considerados os valores correspondentes à calibração de cada estação hidrométrica sem qualquer tipo de restrição. Além disso, para a representação do escoamento em regime natural na UAG 1, foi necessário escolher uma das estações apresentadas (Monte Pisão e Ponte Algalé) como a mais representativa dos escoamentos verificados nessa área. Verifica-se que, em ambas, existem curtos registos de escoamento real observado e falhas

significativas. Entretanto, da análise efectuada em 4.2.2, ficou em dúvida a qualidade dos dados referentes à estação de Monte Pisão. Foi, também, possível verificar que os valores da estação de Ponte Algalé apresentam um valor de R^2 superior e um valor mais reduzido de resíduo, face aos resultados correspondentes para a estação de Monte Pisão. Consequentemente, foi considerado que a simulação hidrológica para a UAG 1 poderia ser representada pelo modelo obtido para a calibração sem limites da estação de Ponte Algalé.

Por outro lado, como não existe qualquer estação hidrométrica na UAG 2, foi admitido que a geração de escoamento em regime natural, nesta área, poderia ser representada pelo modelo calibrado para a estação de Amieira (optimização sem qualquer restrição), uma vez que esta apresenta um registo de escoamentos mais significativo do que a estação de Ponte Algalé.

Validação dos modelos

Apesar da boa aproximação conseguida com os modelos descritos (coeficientes de R^2 elevados e valores reduzidos de resíduo), os valores calculados são, em alguns casos, sobrevalorizados, em comparação com o observado, em especial nos meses de Inverno.

Assim, como a avaliação do escoamento (para a quantificação das afluências nas pequenas albufeiras) será feita para um período alargado (ano hidrológico), uma sobrevalorização das previsões de escoamento, com base nos cenários de precipitação considerados[157], poderá significar um nível de afluências e, consequentemente, de disponibilidades, bastante acima do que realmente se verificaria para esses níveis de precipitação. Nesta situação, correr-se-á o risco de ser apontada a ausência de problemas, quando os mesmos poderão, de facto, existir. Acresce que, o modelo de Temez, com base no balanço hídrico ao nível do solo, efectua um cálculo mensal que, segundo o esquema geral de quantificação das disponibilidades, apontado para as albufeiras privadas, não é necessário.

Por estes motivos, foi efectuada uma comparação entre os resultados de escoamento anual do modelo de Temez, devidamente calibrado para as estações de Ponte Algalé e Amieira e, os correspondentes valores das relações obtidas, no ponto 4.2.2, entre os níveis de escoamento anual observados e a correspondente precipitação anual, para essas mesmas estações. Os resultados, para os anos hidrológicos em que existem registos completos de escoamento mensal observado (SNIRH, 2010), são apresentados nas Tabelas 4.88 e 4.89, respectivamente, para as estações de Ponte Algalé e Amieira.

[157] Ver ponto 4.4.1.2.

Tabela 4.88: Comparação de valores de escoamento observados para a estação de Ponte Algalé, e correspondentes valores calculados pelo modelo de Temez e obtidos pela relação P-Esc anual.

Ano hid.	P anual (mm)	Esc Obs (mm)	Temez		Equação P anual- Esc anual	
			Esc Calc (mm)	Dif (mm)	Esc Calc (mm)	Dif (mm)
82/83	362,6	0,99	1,51	0,53	0,90	-0,09
85/86	547,8	57,50	72,18	14,68	58,35	0,85
86/87	543,3	60,59	22,68	-37,91	56,13	-4,46
87/88	687,5	97,04	137,73	40,68	147,08	50,03
88/89	446,4	1,41	0,01	-1,40	18,39	16,98
89/90	844,2	302,06	357,33	55,27	293,01	-9,04
90/91	672,8	131,79	188,29	56,51	135,89	4,10
91/92	446,0	1,60	0,06	-1,54	18,27	16,67
92/93	423,9	1,49	0,00	-1,49	12,32	10,83
93/94	566,4	37,78	41,42	3,64	67,88	30,10
01/02	435,2	6,46	0,06	-6,40	15,25	8,79
02/03	518,9	146,88	55,04	-91,83	44,83	-102,04
04/05	272,8	3,56	3,94	0,38	0,00	-3,56
05/06	551,9	46,78	37,60	-9,18	60,36	13,58

Tabela 4.89: Comparação de valores de escoamento observados para a estação de Amieira, e correspondentes valores calculados pelo modelo de Temez e obtidos pela relação P-Esc anual.

Ano hid.	P anual (mm)	Esc Obs (mm)	Temez		Equação P anual- Esc anual	
			Esc Calc (mm)	Dif (mm)	Esc Calc (mm)	Dif (mm)
60/61	711,9	118,47	144,03	25,56	242,04	123,57
61/62	643,8	213,65	201,57	-12,08	175,61	-38,04
62/63	840,3	447,30	310,58	-136,72	392,43	-54,87
63/64	853,6	404,58	400,03	-4,55	409,92	5,34
64/65	458,4	60,97	54,18	-6,79	41,91	-19,06
65/66	812,5	330,83	343,99	13,16	357,06	26,23
66/67	543,4	45,04	43,55	-1,49	94,71	49,67
67/68	569,5	107,66	110,29	2,63	113,78	6,11
68/69	895,4	391,14	403,92	12,78	467,11	75,97
69/70	735,7	368,52	230,63	-137,89	267,38	-101,14
70/71	538,3	45,84	30,34	-15,50	91,11	45,27
71/72	426,5	112,90	92,22	-20,68	25,84	-87,06
72/73	505,7	48,98	58,17	9,19	69,52	20,54
73/74	407,7	17,46	2,13	-15,33	17,34	-0,12
74/75	419,4	31,34	18,79	-12,55	22,57	-8,77
75/76	464,5	4,81	0,00	-4,81	45,23	40,42
76/77	634,3	202,37	222,89	20,52	167,09	-35,28
78/79	708,6	314,23	279,12	-35,11	238,62	-75,61
80/81	326,8	3,34	0,00	-3,34	-11,25	-14,59
81/82	453,6	37,82	83,36	45,54	39,40	1,58
82/83	330,0	1,81	0,00	-1,81	-10,39	-12,20
83/84	571,8	73,37	117,48	44,11	115,53	42,16
84/85	652,9	232,74	172,15	-60,59	184,02	-48,72
85/86	453,7	46,00	27,53	-18,47	39,45	-6,55
86/87	514,6	45,03	45,36	0,33	75,19	30,16
87/88	641,5	127,32	101,78	-25,54	173,59	46,27
88/89	528,6	20,35	0,00	-20,35	84,50	64,15

Ano hid.	P anual (mm)	Esc Obs (mm)	Temez		Equação P anual- Esc anual	
			Esc Calc (mm)	Dif (mm)	Esc Calc (mm)	Dif (mm)
89/90	791,2	452,97	320,74	-132,23	331,01	-121,96
90/91	566,0	125,48	92,52	-32,96	111,19	-14,29
93/94	490,1	47,67	77,12	29,45	59,93	12,26
96/97	633,9	182,31	183,57	1,26	166,79	-15,52
97/98	817,8	312,10	281,48	-30,62	363,66	51,56
98/99	348,5	6,50	0,00	-6,50	0,00	-6,50

Para estes resultados em específico foram, ainda, determinados os valores de R^2 e de resíduo, face aos escoamentos observados, para cada um dos métodos de cálculo considerados (modelo de Temez ou relações P anual-Esc anual), sendo apresentados na Tabela 4.90.

Tabela 4.90: Parâmetros de avaliação das relações Escoamento observado – Escoamento calculado, com base nos resultados obtidos pelo método de Temez e pelas relações P anual-Esc anual, para as estações de Ponte Algalé e Amieira.

Parâmetros	Estação de Ponte Algalé (UAG 1)		Estação de Amieira (UAG 2 e UAG 3)	
	Temez	Relação P anual – Esc anual	Temez	Relação P anual – Esc anual
R^2	0,875	0,841	0,917	0,871
Resíduo (mm^2)	18.135	14.899	71.273	87.932

Face aos dados apresentados, verifica-se que, no caso da estação Ponte Algalé, o resíduo (somatório do quadrado das diferenças) é menor para a relação P anual-Esc anual. Porém, o mesmo não sucede na estação de Amieira, na qual o menor resíduo é obtido com o modelo de Temez. Por fim, verifica-se que os R^2 são mais elevados, em ambos os casos, para o modelo de Temez.

Assim, não sendo possível apontar, nesta fase, qual o melhor modelo, será feita uma comparação entre os resultados obtidos por ambos no Capítulo 5, no ponto específico de avaliação dos dados de regadio privado (ponto 5.1.1).

4.5.4 Águas superficiais – Albufeiras públicas

4.5.4.1 Esquema geral

Ao contrário do que sucede nas pequenas albufeiras de iniciativa privada, nas albufeiras públicas existe uma monitorização contínua dos volumes armazenados (SNIRH, 2010). Como tal, o processo de modelação aplicado às albufeiras públicas teve como principal objectivo a estimativa de volumes armazenados ao final do mês, assumindo um esquema conceptual representado, simplificadamente, na Figura 4.94.

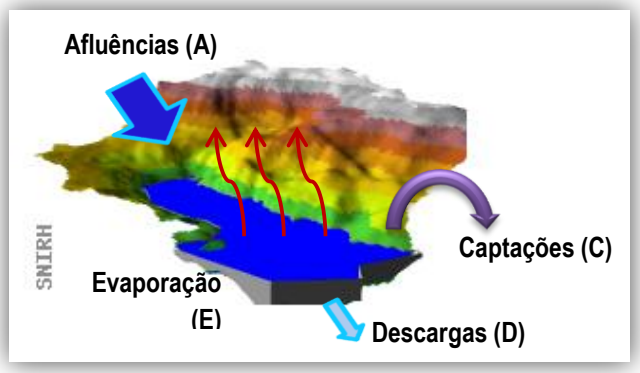


Figura 4.94: Esquema conceptual seguido na modelação de albufeiras públicas (imagem base retirada de SNIRH, 2010).

De acordo com o representado na Figura 4.94, o modelo considerado na presente tese assenta num balanço hídrico mensal, determinado ao nível da albufeira, de acordo com: (i) as características principais da mesma (capacidade de armazenamento, volume morto e curva volumes armazenados-áreas inundadas), (ii) as afluências (Af) verificadas, (iii) as principais utilizações associadas, i.e., captações (C) para rega e/ ou abastecimento urbano, (iv) eventuais descargas ou caudais ecológicos (D) e, ainda, (v) as perdas por evaporação (E) (Vivas *et al*, 2010a). Este modelo assenta, genericamente, no esquema habitualmente seguido no processo de dimensionamento de uma albufeira, tal como foi possível verificar, para cada uma das albufeiras presentes na região em estudo, com as memórias descritivas dos respectivos projectos de execução, disponibilizados pelo INAG (INAG, 2008).

Assim, de acordo com a terminologia identificada (Figura 4.94), a quantificação do volume armazenado num dado mês *i* será dado por [4.27]:

$$V_i = V_{i-1} + Af_i - C_i - D_i - E_i \qquad [4.27]$$

Admitindo que são conhecidas as perdas por evaporação, as descargas e as captações verificadas em cada albufeira, a aferição do modelo conceptual considerado (expressão [4.27]) corresponderá à componente de afluências (*Af*), que será dependente das condições meteorológicas verificadas na bacia drenante da albufeira em causa. Para tal, foi considerada a utilização do modelo de simulação hidrológica de Temez, já descrito em detalhe no ponto anterior (4.5.3), necessitando, todavia de uma calibração específica para cada albufeira.

Assim, sendo muito similar em todas as albufeiras, o processo de modelação seguido para as albufeiras de Caia, Lucefecit, Vigia e Monte Novo, descreve-se, de forma simplificada, no ponto seguinte. A modelação da albufeira de Alqueva, pela sua complexidade, será, porém, descrita de forma específica no ponto 4.5.4.3.

4.5.4.2 Processo de modelação – Albufeiras do Caia, Lucefecit, Vigia e Monte Novo

O processo de modelação seguido para as albufeiras públicas teve duas etapas principais distintas: a fase de calibração/ validação dos modelos, e a fase de aplicação à previsão de condições futuras.

Calibração dos modelos

O processo de calibração passou pela caracterização das diferentes componentes que constituem o modelo da expressão [4.27].

Assim, para quantificação das perdas por evaporação em albufeira (E_i), foram tomadas como base as taxas de evaporação e as curvas volumes armazenados-áreas inundadas, constantes dos projectos de execução de cada albufeira (INAG, 2008).

Por outro lado, as captações associadas a cada uma destas albufeiras foram determinadas de forma específica para cada sector utilizador.

Assim, no que toca à quantificação das necessidades de rega foi considerado um procedimento específico, com base nos dados fornecidos pela U.Évora (Serralheiro *et al,* 2010; 2010a, 2010b), nomeadamente referentes ao regadio público[158], atendendo aos tipos mais representativos de culturas existentes nos perímetros agrícolas em causa (Tabela 4.34), as respectivas áreas (Tabelas 4.35 a 4.37) e as dotações mensais de cada cultura (necessidades hídricas no pé das plantas) (Tabelas 4.40 a 4.42). Para determinação dos volumes mensais extraídos das albufeiras, as necessidades hídricas das culturas são, ainda, afectadas do parâmetro de eficiência do método de rega representativo (Tabela 4.43). O consumo de água para rega, associado a cada albufeira foi, assim, determinado pelo somatório mensal dos volumes de água determinados para cada tipo de cultura, de acordo com o padrão de ocupação cultural do ano respectivo, do período de 1997/98 a 2008/09, de acordo com os dados disponíveis. Esses valores surgem representados, para cada albufeira, nas Tabelas 4.91 a 4.93.

Tabela 4.91: Necessidades de rega no período 1997/98 a 2008/09, associadas à albufeira do Caia (Serralheiro *et al*, 2010)

Caia (UAG 1) – Necessidades hídricas de rega (hm³)													
Ano hid.	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Total anual (hm³/ano)**
97/98	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	0,42	2,46	8,22	12,81	11,05	2,45	38,40
98/99	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	1,08	1,23	3,57	8,78	12,90	11,14	2,52	41,30
99/00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,44	1,74	4,13	8,20	10,68	8,91	1,98	37,13
00/01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	1,47	3,44	6,85	9,22	7,89	1,86	31,70
01/02	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23	2,01	4,17	7,44	10,00	8,67	2,06	35,67
02/03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,20	1,81	6,13	9,72	8,42	1,91	28,56
03/04	0,12	0,01	0,00	0,01	0,00	0,53	0,51	2,15	5,53	8,15	6,96	1,69	25,63
04/05	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,74	2,29	4,81	6,42	5,25	1,13	21,35
05/06	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,82	2,26	4,49	6,21	5,19	1,17	20,95
06/07	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,49	2,11	4,90	6,99	5,80	1,34	22,26
07/08	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,61	3,06	6,38	8,80	7,31	2,08	29,07
08/09	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	1,39	4,00	5,94	6,94	5,58	1,82	26,95

[158] Ver ponto 4.3.2.

Tabela 4.92: Necessidades de rega no período 1997/98 a 2008/09, associadas à albufeira do Lucefecit (Serralheiro *et al*, 2010a)

Lucefecit (UAG 2) – Necessidades hídricas rega (hm³)													
Ano hid.	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Total anual (m3/ha)**
97/98	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,12	0,44	1,47	2,53	2,22	0,49	7,33
98/99	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,35	1,21	2,05	1,78	0,39	5,87
99/00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,29	1,21	2,19	1,95	0,45	6,14
00/01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,31	1,26	2,27	2,01	0,45	6,35
01/02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,11	0,32	1,11	2,03	1,82	0,41	5,87
02/03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,25	1,12	2,09	1,87	0,40	5,76
03/04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,23	0,86	1,57	1,39	0,32	4,45
04/05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,26	0,42	0,73	1,06	0,91	0,22	3,73
05/06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,25	0,40	0,66	0,91	0,77	0,20	3,30
06/07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,16	0,39	1,00	1,65	1,44	0,36	5,08
07/08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,16	0,34	0,89	1,49	1,33	0,34	4,64
08/09	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,10	0,33	1,07	1,89	1,68	0,43	5,54

Tabela 4.93: Necessidades de rega no período 1997/98 a 2008/09, associadas à albufeira da Vigia (Serralheiro *et al*, 2010a)

Vigia (UAG 3) – Necessidades hídricas rega (hm³)													
Ano hid.	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Total anual (m3/ha)**
97/98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,08	0,24	0,81	2,07	2,78	2,32	0,51	8,83
98/99	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,20	0,46	0,91	1,60	1,95	1,64	0,39	7,19
99/00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,26	0,66	1,30	1,53	0,80	0,35	0,11	5,06
00/01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,13	0,32	0,82	1,87	2,55	2,18	0,54	8,45
01/02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14	0,33	0,75	1,64	2,25	1,94	0,47	7,56
02/03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,09	0,22	0,64	1,78	2,72	2,39	0,58	8,44
03/04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,12	0,30	0,72	1,77	2,59	2,27	0,54	8,34
04/05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,16	0,36	0,64	1,08	1,41	1,24	0,31	5,24
05/06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,28	0,65	1,01	0,94	0,67	0,19	3,86
06/07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,15	0,58	1,39	1,76	1,42	0,37	5,72
07/08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,14	0,58	1,41	1,79	1,45	0,37	5,79
08/09	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	0,23	0,66	1,37	1,69	1,38	0,39	5,82

No que diz respeito ao abastecimento público, importa notar que, apesar de não existir uma caracterização dos consumos, para este sector, em período exactamente idêntico ao considerado para as utilizações agrícolas (1997/98 a 2008/09), foram admitidos os volumes descritos para as captações em albufeira segundo os dados do INSAAR (INAG, 2004, 2006, 2007, 2008 e 2009), para os anos de 2002, 2005, 2006, 2007 e 2008 respectivamente. Com base nesses dados foi considerado que, nos anos hidrológicos de 1997/98 a 2003/04, inclusive, os consumos para o sector urbano dependentes das albufeiras públicas podem ser representados pelos valores captados no ano de 2002. Por outro lado, no ano hidrológico de 2004/05 foram considerados os volumes captados em 2005, no ano 2005/06 os volumes captados em 2006, e assim sucessivamente até ao ano de 2007/08 em que se consideraram os volumes referentes ao ano de 2008. Por outro lado, na falta de dados mais recentes, foram também considerados os volumes de 2008 para representar os consumos verificado no ano hidrológico 2008/09. Não obstante, para desenvolvimentos futuros, deverá ser feita uma actualização das simulações efectuadas, quando estiverem disponíveis dados mais recentes do INSAAR. Esses mesmos valores de necessidades para o sector do abastecimento urbano são

representados, a nível anual, e para cada albufeira, na Tabela 4.94. Refira-se que, apesar de no ponto 4.3.3.1 se terem quantificado os consumos, da região em estudo, associados às diferentes origens de água, os valores referentes às albufeiras do Caia e do Monte Novo diferem dos apresentados na Tabela 4.94, uma vez que estes últimos incluem todas as utilizações associadas a essas albufeiras, incluindo as situadas fora da região em estudo.

Além disso, à semelhança do descrito para os sistemas aquíferos no ponto 4.5.2, para a introdução destes dados de necessidades para o sector do abastecimento urbano no modelo de simulação de albufeiras, foi considerada a aplicação da distribuição mensal descrita pela Tabela 4.70, aos valores anuais caracterizados na Tabela 4.94.

Tabela 4.94: Necessidades mensais (hm^3) para o sector do abastecimento urbano, por albufeira (adaptado de INAG, 2004, 2006, 2007, 2008 e 2009).

Necessidades para o sector do abastecimento urbano (hm^3/ano)			
Ano hidrológico	**Caia**	**Vigia**	**Monte Novo**
1997/98	2,759	1,663	4,234
1998/99	2,759	1,663	4,234
1999/00	2,759	1,663	4,234
2000/01	2,759	1,663	4,234
2001/02	2,759	1,663	4,234
2002/03	2,759	1,663	4,234
2003/04	2,759	1,663	4,234
2004/05	2,759	0,771	4,234
2005/06	2,759	0,311	4,034
2006/07	2,759	1,371	4,227
2007/08	2,749	0,559	5,682
2008/09	2,749	0,559	5,682

Por fim, as descargas foram obtidas pelos dados das estações do SNIRH de cada albufeira (SNIRH, 2010), para o período considerado, distinguindo a componente referente às descargas de superfície, e a referente às descargas de fundo. No caso da albufeira do Lucefecit, verifica-se, porém, que a descarga de fundo é utilizada, de forma preventiva, como descarregador de cheias, facto que pode ser comprovado pelos valores mais elevados serem verificados antes de ser atingido o NPA, em especial nos meses chuvosos (SNIRH, 2010). Tal poderá resultar da sua pequena capacidade (a albufeira enche praticamente todos os anos) e, provavelmente, por razões de segurança estrutural, dado tratar-se de uma albufeira de enrocamento (CNPGB, 2008). Como tal, este ponto foi tratado de forma específica na avaliação dos resultados da calibração.

Sistematizados estes dados, foi levado a cabo o processo de determinação das afluências, com recurso ao modelo de Temez. Para isso, como dados de base, foram quantificadas as precipitações mensais verificadas na bacia drenante de cada albufeira, considerando as estações meteorológicas com influência nas mesmas[159] e a ponderação determinada pelos respectivos polígonos de *Thiessen* (Figura 4.95). Por sua vez, os dados de evapotranspiração de referência, foram obtidos, de acordo com a UAG em que a bacia drenante da albufeira está inserida, considerando as séries determinadas pela U.Évora, no âmbito do projecto SPGS, e apresentadas no Anexo 9 (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b).

[159] A partir dos registos das estações meteorológicas identificadas no ponto 4.2.1.

Tendo por base estes elementos, foi efectuado um processo de calibração do modelo de Temez, por ajuste das afluências às albufeiras em causa, no período de 1997/98 a 2008/09. No entanto, dado que não existem registos de afluências na secção das albufeiras em causa, foram considerados, como dados de aferição, os registos reais de volumes armazenados ao final do mês, em cada albufeira, correspondentes aos dados avaliados no ponto 4.2.3.

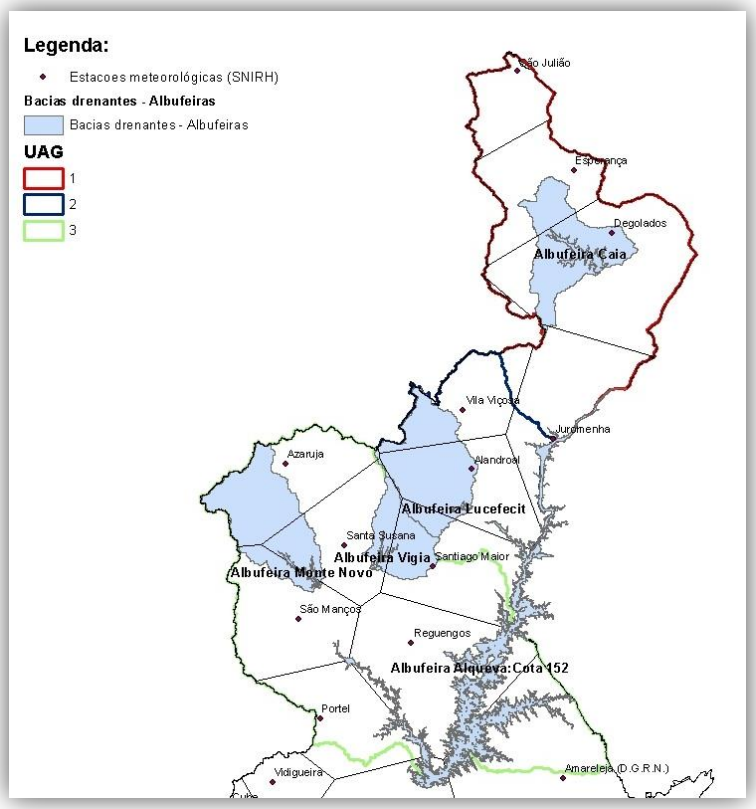


Figura 4.95: Polígonos de *Thiessen* dos postos udométricos para determinação da precipitação mensal ponderada na área drenante das albufeiras (adaptado de SNIRH, 2010).

Além disso, como ponto de partida, foram considerados os valores obtidos na calibração do modelo de Temez para as estações de Ponte Algalé, na UAG 1 (para a albufeira do Caia) e Amieira, nas UAG 2 (albufeira do Lucefecit) e UAG 3 (albufeiras da Vigia e Monte Novo).

Importa referir, em relação às descargas de superfície, que, apesar de terem sido utilizados os valores de registos do SNIRH, verificou-se na aplicação do modelo de Temez, que esses valores de descargas eram insuficientes para respeitar a capacidade máxima de albufeira, face às afluências quantificadas nos períodos mais húmidos por este modelo. Apesar de tal, provavelmente, significar uma sobrevalorização do cálculo dos valores das afluências, uma vez que essa situação ocorre, especialmente, nos períodos mais húmidos, foi considerado, para a presente modelação das albufeiras que estas descargas são correspondentes à diferença entre os volumes em excesso, no balanço hídrico mensal, e a capacidade total de armazenamento.

A comparação dos volumes armazenados calculados, com esses parâmetros, para as albufeiras do Caia (UAG 1), Lucefecit (UAG 2), Vigia (UAG 3) e Monte Novo (UAG 3) com os volumes observados, são apresentados nas Figuras 4.96 a 4.99.

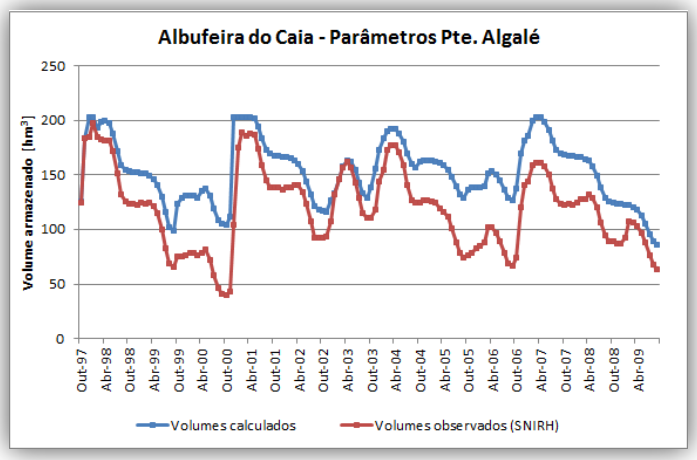


Figura 4.96: Simulação da albufeira do Caia (UAG 1) com os parâmetros de calibração do modelo de Temez da estação de Ponte Algalé.

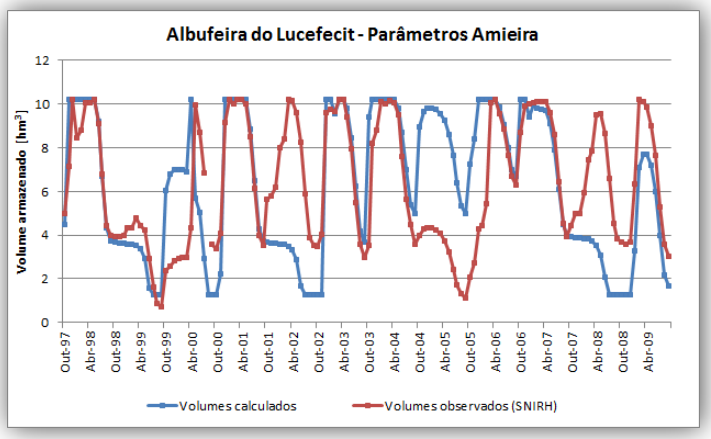


Figura 4.97: Simulação da albufeira do Lucefecit (UAG 2) com os parâmetros de calibração do modelo da estação de Temez de Amieira.

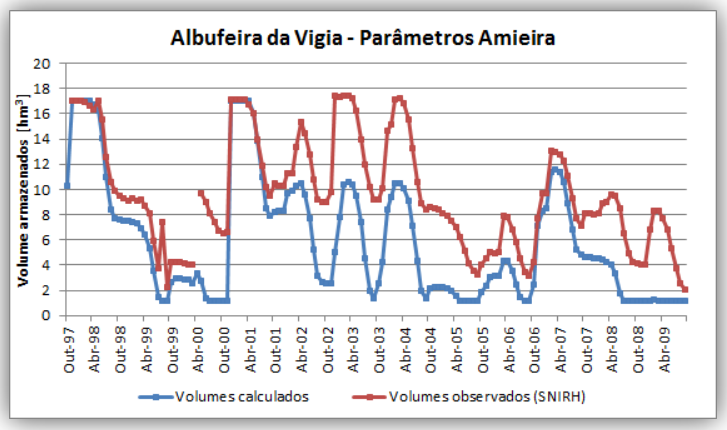


Figura 4.98: Simulação da albufeira da Vigia (UAG 3) com os parâmetros de calibração do modelo de Temez da estação de Amieira.

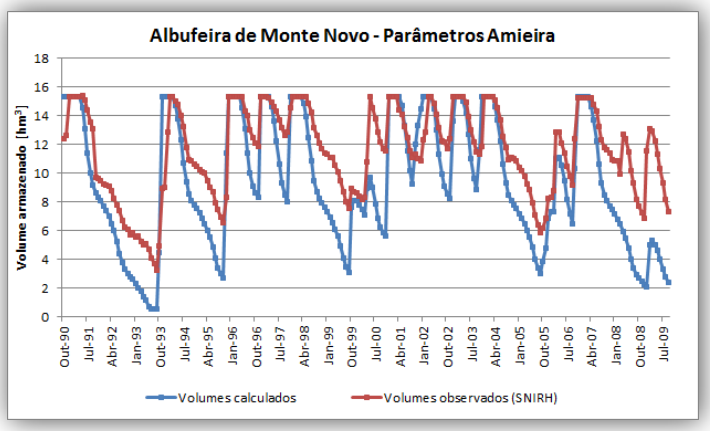


Figura 4.99: Simulação da albufeira de Monte Novo (UAG 3) com os parâmetros de calibração do modelo de Temez da estação de Amieira.

Tal como é possível verificar, por análise das Figuras 4.96 a 4.99, apesar de o comportamento do modelo ser, globalmente, aproximado à situação real, verifica-se que ao longo da evolução temporal dos volumes armazenados, em especial nas albufeiras do Caia e de Monte Novo, existem, contudo, diferenças significativas entre os valores dos volumes calculados e os volumes observados. Tal poderá resultar de vários factores, incluindo as aproximações sucessivas efectuadas para os diversos componentes do presente modelo ou mesmo da verificação de características distintas nas bacias hidrográficas em causa, face às estações avaliadas no ponto 4.5.3.

Como tal, foi decidido efectuar, mais uma vez, um processo de calibração específico para cada albufeira, similar ao efectuado para as estações hidrométricas, por recurso ao método *Evolutionary,* do *software* solver, do Microsoft Excel 2010, procurando ajustar os 4 parâmetros do modelo de Temez (*C, H_{max}, I_{max}* e *α*) com base nos valores observados de volumes armazenados em cada albufeira.

A qualidade do ajuste foi medida pelo coeficiente de determinação, R^2, entre o valor de volume armazenado real e o valor correspondente calculado, sendo que o critério de optimização considerado foi o de minimização do resíduo.

Os resultados obtidos no processo de calibração optimizado, para as albufeiras do Caia, Lucefecit, Vigia e Monte Novo, são sistematizados na Tabela 4.95.

Tabela 4.95: Parâmetros de calibração do modelo de Temez e resultados de R^2 e do resíduo das soluções optimizadas para as albufeiras do Caia, Lucefecit, Vigia e Monte Novo.

Albufeira	Parâmetros Temez				Resultados	
	C [-]	H_{max} [mm/mês]	I_{max} [mm/mês]	α [mm/dia]	R^2	Resíduo (hm^6)
Caia	1	178,6	436,7	0,5	0,89	27.815
Lucefecit	1	119,0	814.4	0,042	0,38	1.064
Vigia	0,09	250,6	188.1	0,031	0,83	447
Monte Novo	0,001	851,1	534,6	0,015	0,73	282

Os gráficos correspondentes são representados nas Figuras 4.100 a 4.103.

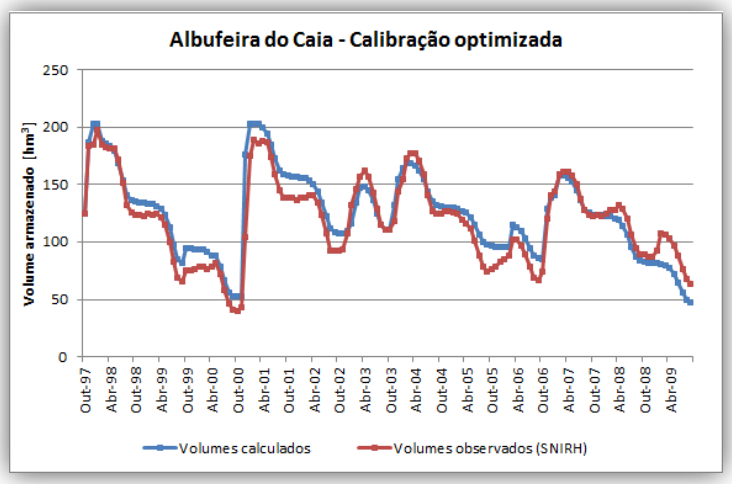


Figura 4.100: Calibração optimizada da albufeira do Caia (UAG 1).

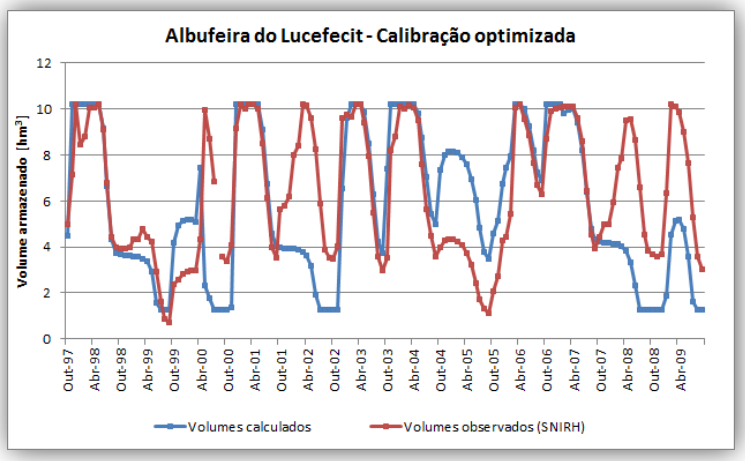


Figura 4.101: Calibração optimizada da albufeira do Lucefecit (UAG 2).

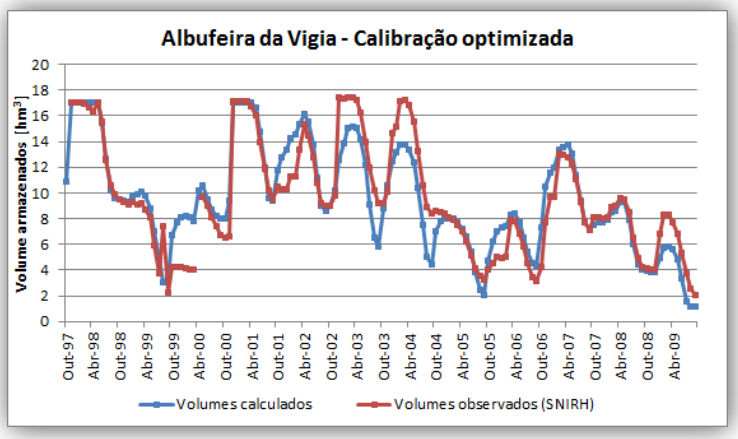


Figura 4.102: Calibração optimizada da albufeira da Vigia (UAG 3).

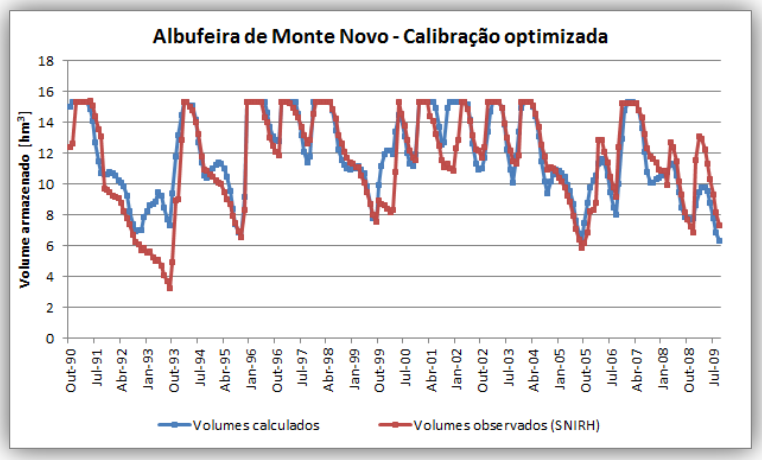


Figura 4.103: Calibração optimizada da albufeira de Monte Novo (UAG 3).

Por análise dos resultados da Tabela 4.95, bem como dos gráficos apresentados nas Figuras 4.100 a 4.103, verifica-se que, à excepção da albufeira do Lucefecit, os resultados obtidos com o processo de calibração optimizado são, globalmente, bastante satisfatórios para estas albufeiras, com valores de R^2 superiores a 0,7 e com uma proximidade dos volumes reais muito razoável. Por outro lado, os valores de resíduo são, também, relativamente reduzidos, embora, no caso da albufeira do Caia, esse valor acabe por resultar numericamente mais elevado. Tal deve-se à capacidade da albufeira do Caia (entre 10 a 20 vezes superior à das demais albufeiras simuladas), pelo que um desvio na mesma proporção relativa acabe por levar a uma ordem de grandeza do resíduo (quadrado das diferenças) bastante superior.

No caso da albufeira do Lucefecit, porém, a calibração optimizada não permite um ajuste razoável, verificando-se que, nos anos 2001/02 e 2007/08, o modelo indica um esvaziamento da albufeira e a existência de défice, quando na realidade a albufeira encheu e foi capaz de satisfazer as utilizações existentes.

Embora não tenha sido possível encontrar uma razão específica que justifique a diferença de resultados nesta albufeira, pode desde já avançar-se que a principal característica que a faz diferir das demais é a sua reduzida capacidade, face ao nível de utilizações associadas e ao escoamento anual da bacia hidrográfica respectiva, como se pode comprovar pelo facto de a albufeira encher e esvaziar praticamente todos os anos. Além disso, fruto dos elevados níveis de escoamento anual, os volumes reais escoados pela descarga de fundo são muito elevados (bastante superiores à capacidade da albufeira, de 10 hm^3), pelo que um pequeno erro nesses valores podem adulterar o comportamento do modelo de Temez.

Assim, não tendo sido possível definir um conjunto de parâmetros de calibração que permitisse obter um resultado satisfatório para a albufeira do Lucefecit, com base no modelo inicial, foi tentada uma nova calibração do modelo de Temez, mas desta vez sem consideração das descargas de fundo quantificadas no SNIRH. Uma vez que, tal como apontado anteriormente, estes volumes de descarga de fundo poderão ser considerados equivalentes a descargas de superfície, foi admitido que os mesmos seriam dados, também para o período de calibração, através dos volumes em excesso decorrentes do próprio balanço hídrico mensal. Os resultados obtidos, correspondentes a um R^2 de 0.477, são apresentados na Figura 4.104.

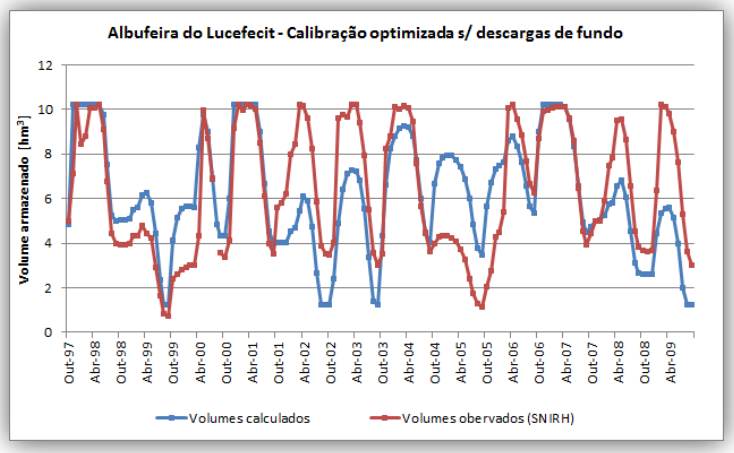


Figura 4.104: Calibração optimizada da albufeira do Lucefecit (UAG 2) sem consideração dos registos de descargas de fundo para o período de calibração (1997/98 a 2008/09).

Apesar de se ter verificado uma aproximação entre os volumes calculados e os observados, os resultados obtidos são, ainda, pouco satisfatórios, dado que se verificam diferenças significativas entre os volumes armazenados e os volumes calculados. Uma vez que esta albufeira apresenta um comportamento díspar, em relação às demais, foi considerado um procedimento alternativo. Assim, e dado que o modelo de Temez não permite obter uma melhor aproximação das afluências a esta albufeira, foi tentada uma estimativa do escoamento anual verificado na bacia hidrográfica dessa albufeira, através da relação precipitação anual-escoamento anual, definida para a estação hidrométrica da Amieira, e que se considera poder aproximar as características hidrológicas verificadas na UAG 2.

Além disso, procurando estimar uma distribuição mensal desse escoamento, para a realização de um balanço hídrico mensal e avaliação dos volumes mensais em albufeira, foi analisada a distribuição mensal do escoamento verificado nessa mesma estação hidrométrica (Amieira), para um período longo de registos, neste caso, avaliados em 4.2.2 e utilizados na calibração do modelo de Temez, no ponto 4.5.3. A média assim obtida, para cada mês do ano hidrológico, no período de 1960/61 a 2000/01, encontra-se descrita na Tabela 4.96.

Tabela 4.96: Distribuição mensal média do escoamento superficial na estação Amieira.

Mês	Esc médio (mm)	%
Out	1,48	1%
Nov	12,55	9%
Dez	26,92	19%
Jan	40,36	28%
Fev	28,84	20%
Mar	24,23	17%
Abr	5,85	4%
Mai	2,15	1%
Jun	0,89	1%
Jul	0,14	0%
Ago	0,01	0%
Set	0,13	0%
Total	143,55	100%

Com base nestes dados, foi calculado o balanço hídrico mensal, para a albufeira do Lucefecit, no período de calibração (1997/98 a 2008/09) considerando os valores mensais de escoamento obtidos por multiplicação dos valores de escoamento anual dados pela relação P anual-Esc anual aferida para a estação da Amieira, pelas proporções relativas definidas na Tabela 4.96. Além disso, tal como considerado para a tentativa anterior, as descargas de fundo dadas pelo SNIRH não foram consideradas, tendo sido determinadas as descargas equivalentes (de superfície) pelos volumes em excesso decorrentes do balanço mensal, atenta a capacidade máxima de albufeira. Os resultados são representados na Figura 4.105.

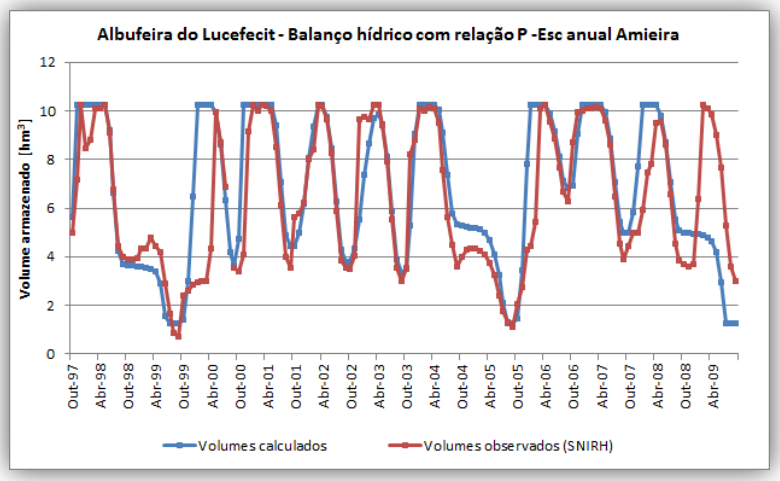


Figura 4.105: Balanço hídrico da albufeira do Lucefecit (UAG 2) considerando o escoamento mensal estimado por relação P –Esc anual aferida para a estação da Amieira.

Uma vez que os resultados são mais satisfatórios do que os obtidos anteriormente (R^2 = 0,577 e resíduo = 611 hm^6), considera-se que, na falta de melhores dados, este modelo poderá ser utilizado para a modelação dos volumes armazenados na albufeira de Lucefecit.

Por fim, importa referir, em relação ao ano hidrológico de 2008/09 que, tal como referido no ponto 4.2.1, surge com níveis de precipitação muito reduzidos (ao nível do correspondente à seca de 2004/05, em termos de precipitação anual). Como se pode verificar, por todos os modelos de simulação de albufeiras representados neste ponto, os valores de volumes calculados para esse ano hidrológico ficam bastante abaixo dos volumes reais verificados nas diferentes albufeiras. Tal parece indicar que, apesar de esse poder ter sido um ano um pouco mais seco que o normal, dado o ligeiro abaixamento dos volumes armazenados reais nas albufeiras, do Caia, Vigia e Monte Novo, o facto de não ter havido qualquer tipo de indicação da ocorrência de problemas nesse ano, poderá dever-se a uma anomalia na monitorização dos dados de precipitação. Não obstante, este ponto será alvo de uma análise mais aprofundada na análise e discussão de resultados do Capítulo 5.

Aplicação à previsão da evolução das condições futuras

Calibrados os modelos de simulação das albufeiras, a aplicação dos mesmos à previsão dos volumes expectáveis nas albufeiras pressupõe a realização de alguns ajustes.

Assim, no que toca à componente de utilizações, deverão ser consideradas, para a rega, as necessidades correspondentes à média dos últimos 3 anos, o que procurará não só traduzir as tendências mais recentes em termos de padrão de ocupação cultural, mas também esbater algumas variações pontuais que se possam verificar nessa ocupação cultural, devidas a factores temporários, como, por exemplo, a ocorrência de uma situação de seca, ou a alteração pontual no preço de uma dada cultura. Por outro lado, no que toca ao abastecimento urbano, as necessidades a considerar para futuro deverão corresponder aos dados mais recentes do INSAAR, referentes ao ano de 2008 e identificados na Tabela 4.94.

No que toca às descargas, foi possível verificar, por análise dos dados disponíveis, que, à excepção da albufeira de Lucefecit, estas apenas se verificam em situações pontuais, não existindo qualquer tipo de regime permanente (por ex. cumprimento de caudais ecológicos). Como tal, apesar de os registos existentes terem sido utilizados na calibração, para o balanço hídrico mensal de previsão de condições futuras, não será considerada nenhuma parcela representativa das mesmas. No caso da albufeira de Lucefecit, tal como apontado anteriormente, admite-se que as descargas de fundo poderão ser representadas como descargas de superfície, mantendo-se o mesmo esquema para a aplicação à previsão de condições futuras.

Por fim, para avaliação das afluências foram considerados os cenários de precipitação apontados, para cada UAG, no ponto 4.4.1. No que toca aos dados de evapotranspiração, foi possível verificar que a variação dessa variável não tem grande influência nos resultados de escoamento afluente às albufeiras, uma vez que os maiores valores de evapotranspiração potencial tendem a ocorrer no período de Verão, quando a água disponível no solo é o factor limitador. Por esse motivo, foi definido um único cenário de evapotranspiração, para cada UAG correspondente à média verificada, em cada mês, no período de 1960/61 a 2008/09, que é apresentado na Tabela 4.97. Apenas são apresentados dados para as UAG 1 e 3, uma vez que, para a albufeira do Lucefecit (UAG 2) não será considerado o modelo de Temez na previsão das afluências, mas sim uma equação dependente, apenas, dos valores de P anual.

Tabela 4.97: Cenários de *ETo* para previsão de condições futuras.

Cenário de ETo	UAG 1	UAG 3
OUT	72,99	78,78
NOV	40,01	44,53
DEZ	29,74	33,44
JAN	33,43	37,23
FEV	43,91	47,31
MAR	75,70	80,35
ABR	99,94	104,15
MAI	139,53	142,43
JUN	171,81	173,59
JUL	197,70	198,68
AGO	177,13	179,13
SET	121,38	125,29
Total (mm)	1203,27	1244,90

4.5.4.3 Processo de modelação – Albufeira de Alqueva (sistema EFMA)

A albufeira do Alqueva (Figura 4.106) foi avaliada de forma própria, dada a sua complexidade, nomeadamente: (i) por constituir a principal origem de água de um sistema de fins múltiplos (EFMA), que serve diversas áreas, inclusive fora da região hidrográfica do Guadiana, (ii) por estar dependente das afluências de Espanha, do rio Guadiana, (iii) por ser a única albufeira, das existentes na região em estudo, que possui outras albufeiras públicas a montante e, (iv) por se tratar de uma origem de água recente, cujas principais utilizações ainda não são especialmente significativas face às utilizações previstas (em especial para o sistema de rega).

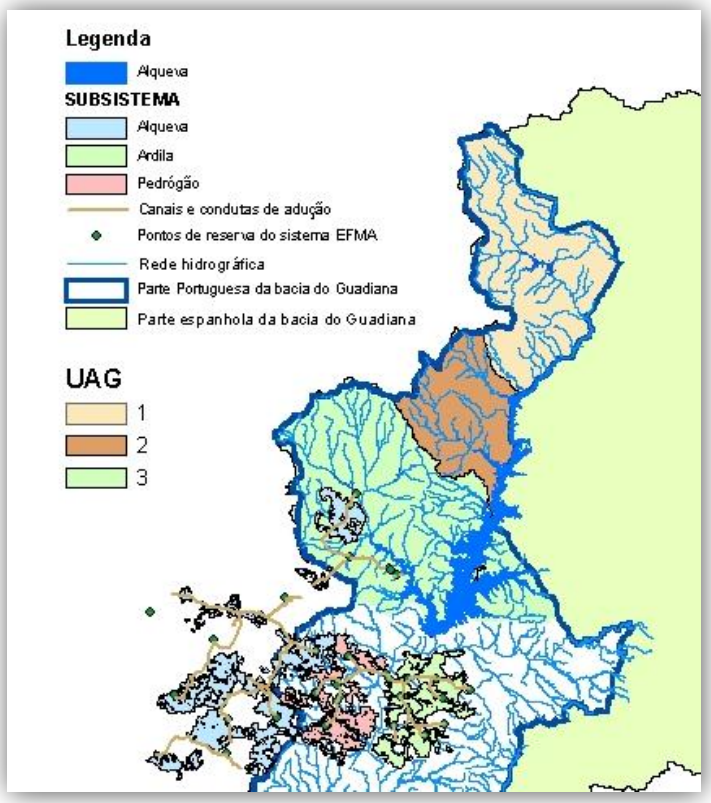


Figura 4.106: Enquadramento do EFMA e da albufeira de Alqueva na região em estudo

Não obstante, a modelação desta albufeira, levada a cabo no âmbito do Projecto SPGS (Ferreira *et al*, 2010), com a colaboração do autor da presente dissertação, teve, também, uma primeira fase de calibração e uma segunda fase de aplicação na previsão das condições futuras.

Calibração do modelo

Para a calibração do modelo da albufeira de Alqueva, foi considerado o período 2002/03 a 2008/09, correspondente ao intervalo de tempo comum entre o período de registos de volumes armazenados em albufeira (SNIRH, 2010) e o período de dados de evapotranspiração de referência calculados para a região em estudo (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a, 2010b).

Assim, tal como as outras albufeiras da região em estudo, o processo de calibração teve por base uma caracterização das diversas componentes da equação [4.27].

No que toca às perdas por evaporação em albufeira, foram, mais uma vez, tomadas como base as taxas de evaporação e as curvas de volumes armazenados-áreas inundadas, constantes do projecto de execução respectivo (INAG, 2008).

Relativamente às utilizações dependentes de Alqueva, podem ser identificadas captações directas (essencialmente para rega), as transferências para outras albufeiras e as descargas (que incluem os volumes destinados à produção de energia hidroeléctrica).

No que toca às captações directas a partir de Alqueva, verifica-se que as mesmas existem tanto em território português, como em território espanhol. No primeiro caso, os volumes estimados rondam os 7 hm^3, de acordo com dados de CCDR-Alentejo *et al* (2007) e, no segundo, os 43 hm^3 (CADC, 2008). A distribuição mensal utilizada, discriminada na Tabela 4.98, foi determinada a partir da distribuição mensal das necessidades para rega da albufeira da Vigia, uma vez que esta se localiza na mesma região (UAG 3) e, por se ter considerado que as culturas regadas poderão ser similares. Estes valores apenas foram considerados a partir do ano hidrológico de 2003/04, ano em que se verificou o enchimento da albufeira.

Tabela 4.98: Volumes mensais totais de captações directas portuguesas (PT) e espanholas (ES) na albufeira de Alqueva (Ferreira *et al*, 2010)

Captações directas (hm^3)	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	Total
Parte PT	0	0	0	0	0	0	0,016	1,419	1,943	1,528	1,246	0,939	7.092
Parte ES	0,242	0,093	0	0	0	0,854	3,550	7,860	9,772	14,51	2,735	3,198	42.81

Relativamente aos volumes destinados ao sistema de regadio integrado no EFMA, nomeadamente através das transferências de Alqueva para os diferentes pontos de reserva do sistema EFMA (as albufeiras indicadas no ponto 3.3.5.4), é necessário salientar que, no período referido, os canais e condutas de ligação que as asseguram, ainda não se encontravam operacionais, pelo que, praticamente não se verificaram consumos no período de calibração. As excepções correspondem, contudo, aos perímetros de rega da Aldeia da Luz, em que a água é captada directamente da albufeira de Alqueva, tendo entrado em funcionamento no ano hidrológico de 2005/06, e de São Manços, que apenas entrou em funcionamento no ano hidrológico de 2008/09, depois de concluídas as ligações à albufeira de Loureiro e ao perímetro de S.Manços (EDIA, 2010a). De acordo com a ocupação cultural definida no ponto 4.3.2 e, de forma similar ao efectuado para as demais albufeiras públicas, a partir dos dados de Serralheiro *et al* (2010b), as necessidades para rega associadas à albufeira de Alqueva, são quantificadas nas Tabelas 4.99 e 4.101, respectivamente para o perímetro de Aldeia da Luz e de São Manços. As mesmas foram consideradas na calibração do modelo, a partir dos anos indicados para o início de funcionamento desses perímetros (2005/06 e 2008/09, respectivamente).

Tabela 4.99: Necessidades associadas ao perímetro de rega de Aldeia da Luz.

Mês	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total anual (m3/ha)
Total	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,13	0,32	0,43	0,48	0,43	0,29	2,18

Tabela 4.100: Necessidades associadas ao perímetro de rega de São Manços.

Mês	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total anual (m3/ha)
Total	0,18	0,01	0,00	0,01	0,01	0,10	0,47	1,23	2,37	3,19	2,86	1,25	11,68

No que toca ao abastecimento doméstico, dado que, segundo dados da EDIA (2010a) apenas durante o ano de 2009 tiveram início as transferências de água para as albufeiras de Monte Novo e de Alvito (bacia do Sado), não existindo uma data exacta para o seu início, nem uma quantificação expressa dos volumes associados, não foram consideradas captações de água para abastecimento urbano no período de calibração.

Ainda em relação às principais saídas da albufeira de Alqueva, nomeadamente as descargas para jusante, foram considerados os registos verificados para o período de simulação (SNIRH, 2010). Não obstante, dadas as falhas verificadas para os valores mensais dessas descargas, foi considerado um procedimento de colmatação das mesmas que passou pelo produto do valor médio de caudais diários efluentes registados, pelo número de dias do mês em questão, sempre que estavam disponíveis alguns valores diários para os meses em causa. Porém, nos meses em que se verificou não existir qualquer registo de descarga, nem mensal, nem diário, foi considerada a média dos registos existentes para esses meses, noutros anos. Na Tabela 4.101 apresentam-se os valores de descargas ou volumes efluentes da albufeira de Alqueva, considerados para o período de calibração (2002/03 a 2008/09). Os meses assinalados a cor correspondem aos que não tinham qualquer registo associado e que foram determinados pelas médias mensais respectivas.

Tabela 4.101: Volumes efluentes da albufeira de Alqueva (Ferreira *et al*, 2010)

(hm^3).	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
2002/03	13,39	12,96	13,39	13,31	12,10	119,34	56,06	13,39	12,96	13,39	13,39	12,96
2003/04	13,39	12,96	13,39	22,72	50,28	70,25	52,22	55,20	54,87	42,50	47,04	80,52
2004/05	71,95	121,34	98,31	118,40	82,57	84,93	81,83	85,37	83,09	86,49	89,04	87,33
2005/06	80,07	122,43	77,80	123,31	68,75	84,93	81,83	66,32	99,31	71,83	96,68	93,43
2006/07	86,47	96,86	59,12	133,06	42,42	97,88	85,57	131,87	61,53	13,31	135,59	145,69
2007/08	174,54	250,77	148,48	258,08	171,70	55,66	69,07	107,76	156,24	148,14	127,30	64,17
2008/09	120,68	169,93	121,80	194,27	53,44	157,19	179,42	205,53	183,75	273,39	161,82	200,94

Por outro lado, os volumes de entrada na albufeira de Alqueva foram determinados considerando o somatório de 4 componentes principais: (i) os volumes mensais referentes à estação hidrométrica de Monte da Vinha, representando as afluências do rio Guadiana, provenientes de Espanha (secção de Badajoz), acrescidas das afluências dos rios Xévora e Caia, bem como (ii) as afluências correspondentes à bacia hidrográfica compreendida entre a estação hidrométrica referida e a secção da barragem de Alqueva, devidamente reduzida das áreas das bacias drenantes das albufeiras de Lucefecit, Vigia e Monte Novo, (iii) eventuais descargas dessas albufeiras e (iv) bombagens de jusante, a partir da albufeira de Pedrógão.

No que toca às afluências de Espanha, a estação hidrométrica de Monte da Vinha dispõe dos registos de volumes afluídos de Espanha desde 1979 até à actualidade, mas apresenta algumas falhas, mais significativas a partir de 2007/08 (SNIRH, 2010). Esta estação localiza-se a jusante da confluência da Ribeira do Caia com o rio Guadiana, incluindo, por esse motivo, quaisquer descargas/escoamento gerados a partir da albufeira do Caia (Figura 4.107). A montante desta confluência localiza-se a estação hidrométrica espanhola de *Azud Badajoz*[160].

[160] Ver ponto 4.2.3.5 (Figura 4.23).

Ainda que os valores de escoamento destas duas estações hidrométricas (Monte da Vinha e *Azud Badajoz*) sejam diferentes, considerou-se que existe uma relação entre os dados de ambas as estações, tendo essa estação sido utilizada para colmatar as lacunas existentes nos registos da estação de Monte da Vinha, por regressão linear (Ferreira *et al*, 2010).

Por outro lado, as afluências geradas entre a secção de Monte da Vinha e a secção da barragem de Alqueva foram determinadas com base no modelo de Temez. Para tal, foram determinados os dados de precipitação ponderada na bacia, considerando as estações meteorológicas identificadas no ponto 4.2.1, e as respectivas áreas de influência definidas pelos polígonos de *Thiessen*, tal como representado na Figura 4.107. No que toca aos dados de evapotranspiração de referência, foram consideradas as séries de dados determinados pela U.Évora (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a e 2010b), para as diferentes UAG, sendo a série final dada pela média ponderada pela área das respectivas UAG.



Figura 4.107: Representação da área de cálculo das afluências entre a secção de Monte da Vinha e a barragem de Alqueva (a laranja a área em Espanha que drena para a bacia do Alqueva) (Ferreira *et al*, 2010)

As descargas das albufeiras do Lucefecit, Vigia e Monte Novo corresponderam aos dados existentes nas estações de monitorização correspondentes (SNIRH, 2010) e também utilizados para a modelação dessas albufeiras, para o período de 2002/03 a 2008/09.

Por fim, os volumes bombeados para montante, a partir de Pedrógão (Tabela 4.102), foram obtidos a partir dos registos existentes no SNIRH para os anos de 2006/07 e 2007/08 (SNIRH, 2010). Neste caso, tal como apontado para as descargas de Alqueva, as falhas de valores mensais foram colmatadas pelo produto da média dos registos diários existentes de caudais médios bombeados, pelo número de dias total do mês em questão. Por outro lado, para o ano 2008/09 foram considerados dados específicos fornecidos pela EDIA (EDIA, 2010).

Tabela 4.102: Volumes bombeados para Alqueva a partir da albufeira de Pedrógão (Ferreira *et al*, 2010)

(hm³).	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
2006/07	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,9
2007/08	73,4	180,9	75,4	237,7	154,7	58,0	79,0	67,9	91,6	125,6	86,4	62,4
2008/09	108,3	113,9	119,4	168,8	61,0	96,2	170,5	177,4	180,5	215,8	179,5	174,0

Com base nos elementos compilados, foi efectuada uma calibração do modelo de Temez para determinação das afluências entre a secção de Monte da Vinha e a barragem de Alqueva, por aproximação dos volumes armazenados reais aos calculados por balanço hídrico. Este ajuste foi realizado com o método *Evolutionary*, do *software Solver* do *Microsoft Excel* 2010. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.103. O valor elevado do resíduo, tal como referido para a albufeira do Caia, deve-se à ordem de grandeza dos volumes armazenados. No entanto, tal como é possível verificar, pela Figura 4.108, e corroborado pelo valor de R^2, pode-se considerar ter obtido uma boa aproximação.

Tabela 4.103: Resultados dos parâmetros de calibração do Temez e respectivo R^2 e resíduo face aos dados reais de volumes armazenados na albufeira de Alqueva

Parâmetro	Unidade	Albufeira de Alqueva
C	[-]	0,14
H max	[mm/mês]	62,0
I max	[mm/mês]	616,6
Alfa	[mm/dia]	0,018
R^2	[-]	0,924
Resíduo	[hm⁶]	3.064.793

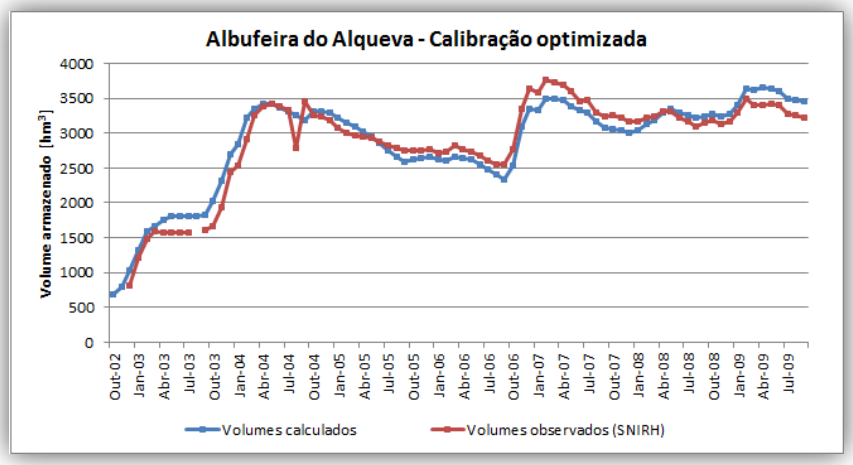


Figura 4.108: Calibração optimizada da albufeira do Alqueva para o período de calibração (2002/03 a 2008/09).

Aplicação à previsão de condições futuras

Efectuada a calibração do modelo para simulação da albufeira de Alqueva, será possível a utilização do mesmo na previsão de condições futuras. No entanto, apesar dos bons resultados

obtidos, importa notar que o mesmo ainda não integra as principais utilizações que irão estar associadas a esta albufeira, de acordo com a evolução do sistema EFMA. De facto, como as principais utilizações deste sistema corresponderão à satisfação de necessidades para rega nas áreas servidas por este empreendimento, em construção até 2013 (EDIA, 2010a), dificilmente se poderá apontar, desde já e de forma realista, uma tendência para a ocupação cultural dessas áreas. Tal estará, essencialmente, dependente da evolução das políticas e dos mercados agrícolas até à plena operação do sistema EFMA. Desse modo, este ponto deverá ser objecto discussão e desenvolvimentos futuros, pelo que apenas será abordado de forma exemplificativa na presente tese.

Assim, face ao considerado na calibração do modelo da albufeira de Alqueva, as principais diferenças na previsão das condições futuras deverão corresponder aos dados de base para o cálculo dos volumes de entrada na albufeira (afluências em Monte da Vinha, dados de precipitação e evapotranspiração entre Monte da Vinha e a barragem de Alqueva, e ainda as bombagens de Pedrógão), bem como para as saídas de albufeira (utilizações para o sector do abastecimento urbano e para o sector agrícola, bem como as descargas para jusante).

Assim, no que toca às entradas do sistema:

a) Para as afluências em Monte da Vinha, considera-se um procedimento similar ao levado a cabo na definição de cenários de precipitação mensal, tendo por base o período de registos de escoamento mensal existente. Os cenários de afluências poderão, então, ser definidos pelos percentis 25, 50 e 75 de escoamento mensal para cada mês do ano hidrológico, tal como sistematizados na Tabela 4.104.

Tabela 4.104: Cenários de escoamento mensal em Monte da Vinha segundo percentis mensais

Esc (hm^3)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total
Esc 25	27,27	24,55	32,12	25,99	22,15	14,50	19,19	17,06	6,73	16,65	23,44	28,04	257,70
Esc 50	40,23	40,40	51,82	64,40	63,69	54,34	32,44	34,21	23,94	26,00	32,84	36,21	500,52
Esc 75	59,78	74,46	237,45	207,36	256,57	93,41	62,09	46,04	38,81	34,32	44,72	48,28	1203,30

Dado que se pretende aferir os possíveis intervalos de variação das disponibilidades, os cenários de escoamento deverão ser considerados associados aos cenários respectivos de P mensal, como por exemplo, o cenário de Esc 75 mensal com o cenário de P 75 mensal.

b) No que toca à quantificação das afluências naturais geradas na área entre as secções de Monte da Vinha e da barragem de Alqueva, considera-se, também, a definição de cenários de precipitação segundo os percentis mensais. Porém, esses cenários foram definidos com base nos dados de precipitação ponderada para essa área, no período de 1960/61 a 2009/2010. Os cenários correspondentes, segundo os percentis 25, 50 e 75 de precipitação mensal para cada mês do ano hidrológico, são apresentados na Tabela 4.105.

Tabela 4.105: Cenários de precipitação mensal segundo percentis mensais para a área entre Monte da Vinha e a barragem de Alqueva.

Prec (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total
P 25	31,88	39,10	29,90	29,85	21,48	16,88	20,16	15,82	3,63	0,08	0,00	7,71	216,50
P 50	55,43	69,73	59,20	57,18	55,38	39,74	47,59	29,84	14,28	0,46	0,54	20,94	450,31
P 75	112,09	106,54	99,44	103,17	87,46	70,39	78,87	56,14	31,25	4,86	6,58	34,09	790,89

Por outro lado, para a evapotranspiração de referência (*ETo*), poderá ser considerada a média verificada para toda a região em estudo, tendo por base os dados do período de 1960/61 a 2008/09 (Tabela 4.106).

Tabela 4.106: Cenário de evapotranspiração de referência para a área entre Monte da Vinha e a barragem de Alqueva.

ETo (mm)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total
Média	76,52	42,76	31,99	35,74	45,98	78,53	102,50	141,30	172,89	198,29	178,35	123,76	1228,62

c) Para as bombagens de Pedrógão, poderá ser considerada a média mensal dos volumes considerados para o processo de calibração, apresentada na Tabela 4.107.

Tabela 4.107: Cenário médio de bombagens a partir de Pedrógão.

Bomb (hm^3)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total
Média	90,85	147,4	97,4	203,25	107,85	77,1	124,75	122,65	136,05	170,7	132,95	85,43	1496,38

Por outro lado, para a avaliação das saídas do sistema, foi distinguida uma dupla abordagem. Para a avaliação de disponibilidades no período de calibração, foram quantificadas as necessidades para rega quantificadas nas Tabelas 4.98 a 4.100, não considerando consumos para abastecimento urbano pelos motivos apontados anteriormente. No entanto, para previsão das condições futuras, quando o sistema EFMA estiver a funcionar em pleno, poderão ser considerados os valores assumidos para o horizonte de projecto na exploração do sistema EFMA, na falta de dados mais fidedignos (EDIA, 2010). Assim:

a) Para o sector do abastecimento urbano está previsto, no pleno funcionamento do sistema EFMA, o reforço, a partir de Alqueva, dos volumes na albufeira de Monte Novo, na bacia do Guadiana, e de Alvito, Odivelas e Roxo, na bacia do Sado. Os volumes correspondentes são apresentados na Tabela 4.108, tendo sido admitida a mesma distribuição mensal definida anteriormente na Tabela 4.70.

Tabela 4.108: Volumes a transferir de Alqueva, no horizonte de projecto, para reforço do abastecimento urbano (adaptado de EDIA, 2010).

A. Urbano (hm^3)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total
Média	1,56	1,44	1,32	2,13	1,93	1,66	2,16	1,75	2,69	3,03	2,67	1,96	24,3

b) No sector agrícola, está previsto, para o horizonte de projecto, que as necessidades de rega atinjam os 345.7 hm³/ano, correspondente à diferença face ao total de 370 hm³/ano, dos 24.3 hm³/ano para o sector do A.Urbano (EDIA, 2010). No entanto, não sendo quantificada uma distribuição exacta desses volumes pelos diferentes perímetros de rega previstos, nem a ocupação cultural correspondente, admitiu-se uma distribuição mensal das necessidades para rega dada pela média da distribuição mensal verificada nos perímetros hidroagrícolas da região em estudo. Os valores correspondentes a essas extracções de água para rega, a partir da albufeira de Alqueva, surgem representados na Tabela 4.109.

Tabela 4.109: Volumes a extrair de Alqueva, no ano horizonte de projecto, para rega (adaptado de EDIA, 2010).

Rega (hm³)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total
Média	1,19	0,02	0,00	0,02	0,00	5,82	10,38	32,45	74,73	107,17	91,94	21,99	345,7

c) Por último, no que toca às descargas para jusante, poderá ser considerada a média mensal dos volumes usados no processo de calibração, apresentada na Tabela 4.110.

Tabela 4.110: Cenário médio de descargas de Alqueva para jusante.

Desc (hm³).	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total
Média	80,07	112,46	76,04	123,31	68,75	95,74	86,57	95,06	93,11	92,72	95,84	97,86	1117,53

4.5.4.4 Quantificação das disponibilidades existentes

Atendendo ao processo de modelação descrito nos pontos anteriores, será possível quantificar as disponibilidades nas albufeiras para os diferentes sectores utilizadores, de acordo com um balanço, similar ao levado a cabo ao nível mensal, mas desta feita correspondente ao ano hidrológico. Assim, tal como indicado pela expressão [4.28], poderá ser feita a avaliação das disponibilidades para os diferentes cenários de precipitação, atendendo ao volume existente no início do ano hidrológico ($V_{início}$), ao volume mínimo, ou volume morto, de albufeira (V_{min}), e aos consumos prioritários (abastecimento urbano), face ao sector em avaliação. Apesar de corresponder a um balanço anual, as disponibilidades deverão ser quantificadas todos os meses, devido à variação, no decorrer do ano hidrológico, da estimativa de afluências (Af) e de descargas (D) (variáveis com a alteração com dos valores de P e *ETo*, devido ao conhecimento de novos dados reais em cada mês), bem como dos valores de evaporação (E) (variáveis com os níveis de armazenamento reais em albufeira).

$$Disp_{ano\ hid.} = V_{início} - V_{min} + Af - D - E - C_{prioritários} \quad [4.28]$$

Não obstante, como se pôde verificar alguma sobrevalorização na quantificação das afluências, considera-se ainda a correcção do valor das afluências para os meses do ano hidrológico anteriores ao mês em avaliação (para os quais já existem valores reais de volumes armazenados). Isso é efectuado por modelação inversa, a partir da equação [4.27], sendo que as afluências, nos meses em que são conhecidos os volumes reais armazenados nas albufeiras, poderão ser estimados pela diferença entre o valor de volume final e o volume inicial, acrescido das saídas de albufeira referentes à evaporação, descargas (reais) e os consumos para os diferentes sectores (abastecimento urbano e rega).

Por fim, importa referir duas especificidades no cálculo das disponibilidades em albufeira. Em primeiro lugar, no caso da avaliação da situação actual no sector do abastecimento urbano, o período de avaliação das disponibilidades não corresponderá ao ano hidrológico. Tal como descrito em 4.4.2, esse período corresponderá ao período de 12 meses anteriores ao mês em avaliação. Em segundo lugar, para avaliação das disponibilidades no sector agrícola considera-se que o abastecimento urbano tem prioridade legal. Como tal, as disponibilidades para rega, deverão ser reduzidas das necessidades para o sector do abastecimento urbano na escala do ano hidrológico. No caso da avaliação de disponibilidades para o abastecimento urbano, porém, não existirá a parcela de consumos prioritários da equação [4.28].

4.6 Classificação da severidade de seca

4.6.1 Sector agrícola

De acordo com o procedimento de avaliação da afectação socioeconómica de seca, definido, para o sector agrícola, pela U.Évora (Serralheiro *et al* 2010, 2010a e 2010b) e resumido em 4.3.2, é considerada a seguinte classificação do risco ou severidade de seca (Tabela 4.111):

Tabela 4.111: Classificação da afectação socioeconómica de seca para o sector agrícola (Serralheiro *et al*, 2010; 2010a; 2010b).

Nível de seca	Afectação do sector face a ano de referência (redução do rendimento)
Normal a seca ligeira	0 a 15 %
Seca moderada	15 a 30%
Seca severa	30 a 50%
Seca extrema	> 50%

Esta classificação foi considerada, de forma genérica, para aplicação aos resultados de todo o sector agrícola, por UAG, como resultado agregado dos rendimentos verificados para os diferentes subsectores agrícolas (sequeiro, regadio público e regadio privado). Porém, a mesma escala de classificação poderá ser aplicada aos resultados obtidos, de forma individualizada, para cada uma destas actividades. Neste último caso, a comparação com a situação de referência será efectuada com base nos rendimentos do respectivo subsector.

4.6.2 Abastecimento urbano

Para o sector do abastecimento urbano, os resultados de impacto socioeconómico (custos acrescidos) são obtidos para cada UAG, embora desagregados por concelho e sistema. Para representação da importância relativa dos custos em causa foi adoptado, como termo de referência, o custo total de produção, em situação de referência, dos volumes de água servidos, por UAG, neste sector. Para tal foi considerado o valor de 1.27 €/m^3, indicado no INSAAR para a RH 7 – Guadiana (INAG, 2009), referente aos custos totais médios das EG da região, bem como os valores de volumes totais fornecidos ao cliente final, por concelho, identificados na Tabela 4.51. Para a determinação dos volumes fornecidos por UAG, foi admitido que a distribuição espacial desses volumes é homogénea na área de concelho, sendo considerada apenas a parcela de área de cada concelho pertencente às UAGs da região em estudo.

A escala de classificação considerada, com base na % relativa dos custos acrescidos face aos custos totais na área de cada UAG, foi, também, definida considerando uma classificação segundo 4 níveis distintos e que a situação de referência corresponde ao limiar a partir do qual são quantificados os impactos de seca. Porém, o abastecimento urbano distingue-se da agricultura (enquanto actividade económica) pela função essencial que desempenha no fornecimento dos volumes de água necessários à sobrevivência e manutenção da população e actividades económicas na área. Como tal, na Tabela 4.112 foram considerados limiares de seca inferiores, para classes idênticas, dos apontados para o sector agrícola (Tabela 4.111).

Tabela 4.112: Classificação da afectação socioeconómica de seca no abastecimento urbano.

Nível de seca	Afectação do sector face a ano de referência (aumento de custos)
Normal a seca ligeira	0 a 5 %
Seca moderada	5 a 10%
Seca severa	10 a 25%
Seca extrema	> 25%

Esta escala foi devidamente aferida de acordo com os resultados obtidos para o sector do abastecimento urbano, no período 1997/98-2008/09, sendo esse procedimento detalhado na correspondente avaliação do sector no Capítulo 5.

4.6.3 Afectação regional de seca

Tratando-se de uma avaliação distinta da efectuada para cada um dos sectores utilizadores, a definição da escala de classificação da afectação regional de seca atendeu a pressupostos específicos. Assim, em primeiro lugar foi efectuado um somatório das perdas económicas correspondentes aos limiares dos intervalos de classificação da afectação socioeconómica de seca nos principais sectores (e subsectores) utilizadores. Apresentam-se nas Tabelas 4.113 e 4.114, para cada UAG, os valores correspondentes aos limiares inferiores das classes de seca moderada, severa e extrema, segundo cada sector, e subsector, no caso da agricultura, e o valor correspondente, em proporção relativa, da afectação regional obtida.

Tabela 4.113: Perdas económicas associadas aos limiares inferiores das classes de severidade consideradas no sector agrícola e correspondentes valores relativos do PIB regional

Perdas no sector agrícola (M €)	UAG 1				UAG 2				UAG 3			
	PIB = 307,04 M€				PIB = 228,61 M€				PIB = 774,27 M€			
	Sequeiro	Regadio público	Regadio Privado	Total	Sequeiro	Regadio público	Regadio Privado	Total	Sequeiro	Regadio público	Regadio Privado	Total
Rendimento médio (M€)	13,47	15,71	29,33	58,50	5,17	3,07	13,96	22,20	16,11	4,33	39,90	60,34
Seca moderada -15% perdas (M€)	2,02	2,36	4,40	8,78	0,78	0,46	2,09	3,33	2,42	0,65	5,99	9,05
%PIB	0,66%	0,77%	1,43%	2,86%	0,34%	0,20%	0,92%	1,46%	0,31%	0,08%	0,77%	1,17%
Seca severa - 30% perdas (M€)	4,04	4,71	8,80	17,55	1,55	0,92	4,19	6,66	4,83	1,30	11,97	18,10
%PIB	1,32%	1,53%	2,87%	5,72%	0,68%	0,40%	1,83%	2,91%	0,62%	0,17%	1,55%	2,34%
Seca extrema - 50% perdas (M€)	6,73	7,85	14,67	29,25	2,58	1,53	6,98	11,10	8,05	2,17	19,95	30,17
%PIB	2,19%	2,56%	4,78%	9,53%	1,13%	0,67%	3,05%	4,85%	1,04%	0,28%	2,58%	3,90%

Tabela 4.114: Perdas económicas associadas aos limiares inferiores das classes de severidade consideradas no sector do abastecimento urbano e correspondentes valores relativos do PIB regional

Custos acrescidos no sector do abastecimento urbano (M€)	UAG 1	UAG 2	UAG 3
	PIB = 307,04 M€	PIB = 228,61 M€	PIB = 774,27 M€
Custo total de produção da água (M€)	2,87	1,26	4,26
Seca moderada - 5% custos acrescidos (M€)	0,14	0,06	0,21
%PIB	0,05%	0,03%	0,03%
Seca severa - 10% custos acrescidos (€)	0,29	0,13	0,43
%PIB	0,09%	0,06%	0,05%
Seca extrema - 25% custos acrescidos (€)	0,72	0,32	1,06
%PIB	0,23%	0,14%	0,14%

Por análise da Tabela 4.113 verifica-se que, comparando as diferentes UAG, perdas relativas (%) idênticas no sector agrícola (mesma classe de severidade) correspondem a diferentes representatividades do PIB regional. Em específico, na UAG 1, os valores são cerca de duas vezes superiores aos correspondentes valores das UAG 2 e 3. Essa situação resulta do maior peso do rendimento médio do sector agrícola (58.5 M€) na UAG 1, calculado a partir das áreas, produções em situação de referência e preços para as diferentes culturas, apontados em 4.3.2, no valor do PIB estimado para a UAG 1 (19%) (Tabela 4.63). Quando analisados os valores correspondentes para as UAG 2 e 3 confirma-se a menor importância do sector agrícola no PIB destas regiões (cerca de 10% e 8% respectivamente). Porém, uma vez que se tratam de valores estimados (tanto de rendimento do sector agrícola, como de PIB por UAG), procurou-se aferir estes valores com dados de estatísticas regionais do INE (INE, 2010b).

Para isso foi considerada uma avaliação do Valor Acrescentado Bruto (VAB) das regiões NUTS III respectivas e do valor correspondente ao sector primário (Agricultura, Florestas Caça e Pescas), segundo dados de 2006 (INE, 2010b). Os valores obtidos para as regiões Alto Alentejo (onde se insere a UAG 1) e Alentejo Central (onde se localizam as UAG 2 e 3) são apresentados na Tabela 4.115.

Tabela 4.115: Avaliação do VAB, por sectores produtivos, para as regiões Alto Alentejo e Alentejo Central (INE, 2010b)

VAB (M€)	Alto Alentejo		Alentejo Central	
Sector primário (M€)	150	11,4%	155	8,0%
Sector secundário (M€)	279	21,3%	446	22,9%
Sector terciário (M€)	883	67,3%	1348	69,2%
Total (M€)	1312	100%	1949	100%

Por análise da Tabela 4.115 confirma-se um maior peso do sector primário no VAB da região Alto Alentejo (11,4%), por comparação com o valor correspondente para a região Alentejo Central (8%), i.e., cerca de 1.5 vezes superior. Não sendo exactamente da mesma ordem de grandeza da proporção obtida com o PIB das UAG, ainda que se verifique (INE, 2010b) que o PIB *per capita* da região Alto Alentejo (12.800 €/hab) é inferior ao da região Alentejo Central

(13.300 €/hab), na realidade a densidade populacional na primeira região (18.5 hab/km^2) é, marcadamente, inferior ao da segunda (23.3 hab/km^2). Assim, ainda que para um nível de rendimento global do sector agrícola similar, o peso deste sector no PIB de uma dada área na região do Alto Alentejo seria sempre superior ao verificado numa área análoga na região do Alentejo Central.

Considera-se por isso, que os valores obtidos na Tabela 4.113, na proporção relativa do PIB regional, permitem reflectir, por um lado, a maior importância do sector agrícola na economia regional da UAG 1, e, por outro, a maior vulnerabilidade socioeconómica dessa área (dado o menor produto interno bruto por habitante e menor densidade populacional).

Por outro lado, no sector do abastecimento urbano (Tabela 4.114), também se verifica, na UAG 1, uma maior importância, em relação ao PIB regional, dos níveis de custos acrescidos correspondentes aos limiares de impactos de seca considerados.

Os valores obtidos resultam directamente da quantificação de custos totais de produção da água, para abastecimento urbano, nas diferentes UAG (incluindo captação, adução, tratamento e distribuição), efectuada com base nos dados da componente económica e financeira do INSAAR, referente aos dados de 2008 (INAG, 2009). Assim, para avaliação dos resultados obtidos foram considerados os dados indicados na Tabela 4.56 (ponto 4.3.3), em relação aos volumes efectivamente facturados pelas entidades gestoras (m^3) e a sua relação com o número de contadores/ consumidores, ou volumes por contador (m^3/ cont.), verificados nas áreas de cada concelho, nas UAGs respectivas. De facto, verifica-se que os volumes por contador nos concelhos das UAG 1, 2 e 3 são relativamente próximos, rondando os 90 a 100 m^3/ contador. Não obstante, na Tabela 4.116, apresenta-se uma comparação dos volumes totais facturados (m^3), por UAG, com a população existente nas mesmas, admitindo-se uma distribuição uniforme da população pela área dos concelhos, tal como já havia sido admitido para a determinação dos volumes facturados, por UAG, no ponto 4.3.3.

Tabela 4.116: Comparação dos volumes totais facturados por UAG (m^3) com a população residente respectiva (hab)

	UAG 1	**UAG 2**	**UAG 3**
Volumes facturados (m^3)	2.258.326	992.244	3.352.399
População residente (hab)	23.875	17.246	57.868
Volumes facturados por hab (m^3/hab)	94,59	57,53	57,93

Apesar de, como referido, o nível de volumes facturados por contador ser relativamente próximo nas UAG 1, 2 e 3, por análise da Tabela 4.116 verifica-se que os volumes facturados por habitante nas UAG 2 e 3 são bastante inferiores ao verificado na UAG 1. Assim, essa diferença não parece ser justificada pela existência de diferentes hábitos de consumo nessas áreas. Uma possível explicação poderia ser a existência de uma importante parcela da população residente nas UAG 2 e 3 cujo consumo de água não fosse efectivamente facturado, ou mesmo fornecido, pelas entidades gestoras da região (uma vez que o número de contadores parece adequado aos volumes totais facturados). Porém, apesar de não ter sido possível confirmar a razão subjacente à diferença identificada na Tabela 4.116, a mesma acaba por justificar o peso relativo dos custos acrescidos do sector urbano, verificado para os diferentes

limiares das classes de afectação de seca, nas UAG 1, 2 e 3, face ao PIB respectivo (Tabela 4.114). Assim, e uma vez que os valores do sector urbano são de importância bastante inferior, por comparação com os valores correspondentes no sector agrícola, considera-se que os resultados obtidos para o sector urbano são adequados, face aos dados disponíveis, não obstante se admitir que os mesmos devam ser reavaliados, em desenvolvimentos futuros, assim que estiverem disponíveis novos dados do INSAAR.

Os valores finais de agregação das perdas e custos acrescidos nos sectores agrícola e do abastecimento urbano, por UAG, e por limiares correspondentes aos valores inferiores das classes de seca moderada, severa e extrema são resumidos na Tabela 4.117. Apresentam-se, igualmente, nessa tabela, os pesos relativos das perdas económicas quantificadas face ao PIB da UAG respectiva.

Tabela 4.117: Perdas económicas totais na região, atendendo aos limiares mínimos definidos nas classes de severidade de seca para os sectores agrícola e de abastecimento urbano.

Perdas totais na região para os limiares mínimos de cada classe de seca (M€)	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	Perdas totais (M€)	% PIB	Perdas totais (M€)	% PIB	Perdas totais (M€)	% PIB
Seca moderada	8,92	2,90%	3,39	1,48%	9,26	1,20%
Seca severa	17,84	5,81%	6,79	2,97%	18,53	2,39%
Seca extrema	29,97	9,76%	11,41	4,99%	31,24	4,03%

A partir dos valores identificados na Tabela 4.117, foi considerada a seguinte classificação de afectação regional de seca, para aplicação à percentagem do PIB de cada UAG (Tabela 4.118).

Tabela 4.118: Classificação da afectação socioeconómica regional de seca.

Nível de seca	% PIB da UAG
Normal a seca ligeira	0 a 1,5 %
Seca moderada	1,5 a 3%
Seca severa	3 a 5%
Seca extrema	> 5%

Atendendo aos limiares definidos na Tabela 4.118 é possível efectuar um alerta de seca de acordo com os níveis de perdas económicas verificados na região em estudo. De facto, pela Tabela 4.117, verifica-se que o limiar de afectação regional de seca moderada (i.e., 1,5% do PIB da UAG) é correspondente ao valor de perdas económicas quantificadas, nas UAG 2 e 3, a partir dos limiares correspondentes das classificações de severidade de seca dos sectores utilizadores (Tabelas 4.111 e 4.112). Não obstante, no caso da UAG 1, como o limiar de seca moderada está fixado nos 1,5% para a afectação regional, verifica-se que esse alerta surge antes mesmo de ser atingido o mesmo nível de seca moderada na classificação dos sectores utilizadores. Isso deve-se à maior importância económica dos impactos de seca na região, em especial devido ao peso do sector agrícola no produto interno da mesma (Tabela 4.117). De igual forma os valores de 3 e 5% do PIB da UAG, definidos como limiares inferiores para as classes de seca severa e extrema, respectivamente, estão, mais uma vez, em consonância com os limiares mínimos

identificados para as UAG 2 e 3. Admite-se, assim, que uma situação de seca com iguais níveis de perdas relativas nos sectores utilizadores considerados (por ex. 30% de perdas no sector agrícola e 10 % de custos acrescidos no sector do abastecimento urbano) terá uma importância distinta na afectação regional de seca na UAG 1 (atingindo o nível de seca extrema) ou nas UAG 2 e 3 (ficando-se pelo nível de seca severa) (ver Tabelas 4.113 e 4.114).

De facto, como apontado nos Capítulos 1 (ponto 1.2.2) e 3 (pontos 3.2 e 3.3), a agricultura e o abastecimento urbano são os principais sectores utilizadores da água (em volume), em especial na região em estudo, correspondendo também aos que poderão sofrer os maiores impactos decorrentes de uma situação de seca. Porém, numa dada região existem múltiplas outras actividades económicas, que contribuem para a maior ou menor riqueza da região (PIB), tendencialmente menos vulneráveis que aquelas à verificação de impactos económicos directos, por redução dos volumes de água disponíveis. Como exemplo refira-se que uma região com um forte parque empresarial e uma reduzida área agrícola será, obviamente, menos vulnerável a uma situação de seca do que uma região, com um PIB idêntico, mas predominantemente agrícola.

Assim, procurando salientar a importância socioeconómica dos impactos de seca, considera-se que a avaliação sector a sector deverá ser feita de forma uniforme (i.e., com escala de classificação de severidade de seca igual), independentemente da região em causa, procurando salientar o impacto da situação de seca nas características do sector *per si*. Tal permite uma comparação directa, para o mesmo sector, entre diferentes regiões. Por outro lado, as perdas globais em situação de seca, deverão ser avaliadas com base nas características socioeconómicas da região, mais ou menos dependente das actividades económicas sujeitas a impactos de seca. Dessa forma, é possível salientar as perdas económicas mais significativas, como se verifica por exemplo na UAG 1, face à economia das diferentes regiões.

Ainda assim, considera-se que a definição desta escala (Tabela 4.118) corresponde a uma gradação dos níveis de perdas admissíveis em cada região, pelo que a aferição final da mesma deverá ficar remetida ao plano político, no processo de tomada de decisão, ficando fora do âmbito da presente tese. Porém, tal como referido para os sectores da agricultura e do abastecimento urbano, a escala de classificação definida foi aferida com os resultados obtidos para o período 1998/99 a 2008/09, detalhados no Capítulo 5 (ponto 5.1.1).

4.7 Aplicação à avaliação de Escassez

Definida a metodologia geral para avaliação e gestão de situações de seca pretende-se, no presente ponto, demonstrar, de forma exemplificativa, que a mesma poderá ser, também, utilizada para avaliação de escassez.

Atendendo à análise efectuada no Capítulo 2 (ponto 2.3), verifica-se que as metodologias habitualmente utilizadas na avaliação de escassez são aplicáveis a escalas espaciais demasiado abrangentes (a nível nacional ou de região hidrográfica). Foi possível concluir, também, que uma avaliação neste tipo de escalas leva a que, muitas vezes, sejam

mascaradas situações pontuais de limitação de utilizações face às disponibilidades existentes nas origens de água a que estão associadas.

Assim, como a metodologia desenvolvida nos pontos anteriores assenta na avaliação do balanço entre necessidades e disponibilidades, ao nível do ano hidrológico e segundo os diferentes tipos de origem, considera-se a sua aplicação para identificação de situações de escassez ao nível das origens de água.

4.7.1 Critério de avaliação

A identificação das situações de escassez teve por base a avaliação dos níveis de garantia de satisfação das utilizações existentes. Na falta de limites estipulados para Portugal, para tal foram considerados os limites constantes da legislação espanhola (*Instruccíon de Planificación Hidrológica*[161]):

- Abastecimento urbano: é considerada a satisfação das utilizações quando o défice, num mês, seja inferior a 10% do consumo mensal correspondente e quando, em 10 anos consecutivos, o somatório do volume em défice não seja superior a 8% dos consumos anuais.
- Agricultura: é considerada a satisfação das utilizações quando o défice, num ano, seja inferior a 50% do consumo anual correspondente, em dois anos consecutivos, seja inferior a 75% do consumo anual e quando, em 10 anos consecutivos, o somatório do volume em défice não seja superior a 100% do consumo anual.

Atendendo a estes critérios, foi efectuada uma avaliação dos volumes em défice, por sector utilizador e tipo de origem de água, atendendo ao nível médio de consumo anual por origem. Foi considerada a existência de escassez quando, agregando as necessidades de cada sector, ao nível de UAG, bem como os défices eventualmente verificados nas diferentes origens, pelo menos um dos limites anteriores não for cumprido no período de avaliação (no mínimo, 10 anos consecutivos).

Importa referir que o subsector da agricultura de sequeiro não foi considerado para esta avaliação, uma vez que o mesmo não implica uma utilização dos volumes de água existentes nas principais origens de água da região.

4.7.2 Avaliação socioeconómica de impactos de escassez

A metodologia desenvolvida para a avaliação socioeconómica de impactos de seca poderá também ser aplicada à avaliação de escassez. Para tal, poderão considerar-se, relativos à escassez, os impactos socioeconómicos verificados acima do nível de perdas admissíveis estabelecidos pelos critérios de garantia apontados, para os principais sectores utilizadores, no ponto anterior. De forma a explicitar esta questão poderá tomar-se, como exemplo, o sector agrícola. Assim, caso se verifique, ao nível de UAG, o incumprimento do critério anual (verificando-se, por exemplo, um défice de 60% do consumo anual), o impacto de escassez será

[161] Publicada na legislação espanhola pela ordem ministerial - ARM 2656, de 22 de Setembro de 2008, *Boletin oficial de Estado* 229.

dado pela diferença entre a perda de rendimento económico do sector, nessa UAG, e a perda de rendimento que seria admissível (ou seja, a correspondente a um défice de 50% das necessidades), a preços do ano correspondente. Para os demais limites, o procedimento a seguir deverá ser idêntico. Não obstante, se for verificado o incumprimento de mais do que um dos limites estipulados, o valor mais elevado que for obtido deverá ser considerado representativo dos impactos de escassez.

Por outro lado, a avaliação socioeconómica de impactos de escassez será feita num período de tempo de, no mínimo, 10 anos, de acordo com o anteriormente estipulado. Como tal, deverá ser considerada a actualização, ao momento presente (final do período de avaliação), dos valores de impacto económico verificados no passado, através de uma taxa que permita reflectir a inflação ocorrida nesse período.

Por fim, se se verificar a existência de situações de escassez em mais do que uma origem de água, o impacto resultante poderá ser somado, por sector utilizador, ao nível da UAG.

Para a região em estudo, foi efectuada uma avaliação de escassez, atendendo às utilizações quantificadas para o período de 1998/99 a 2008/09[162], sendo, os resultados correspondentes, devidamente detalhados e analisados no ponto 5.3.

4.7.3 Avaliação de cenários futuros

Apesar de não ter sido possível abordar, no âmbito da presente tese, a avaliação de escassez na simulação de cenários futuros, apresenta-se, ainda assim, uma sistematização indicativa de como poderia ser realizado um estudo desse género, constituindo um potencial desenvolvimento futuro do presente trabalho.

Assim, tomando como principal objectivo a identificação dos pontos críticos na satisfação das utilizações a longo prazo, abrangendo a variabilidade natural dos recursos hídricos da região, poderá ser considerado um período de avaliação de 20 anos, tal como considerado nos horizontes de planeamento de longo prazo no Plano de Bacia Hidrográfica do Guadiana (INAG, 2001), ou no Plano Nacional da Água (INAG, 2001a).

Tendo por base esse objectivo e enquadramento temporal, a avaliação de escassez na simulação de cenários futuros deverá ser levada a cabo em 5 passos principais: (i) a definição de cenários de avaliação (meteorológicos, de afluências de Espanha e de utilizações), (ii) a estipulação da sequência e conjugação de cenários meteorológicos, de afluências de Espanha e de utilizações, (iii) a simulação das origens para os conjuntos de cenários estipulados, (iv) a avaliação de escassez através da quantificação do volume em défice por origem, para o período de simulação, para cada conjunto de cenários e (v) a avaliação de impactos socioeconómicos correspondentes, devidos à escassez.

[162] Ver ponto 4.5.

4.7.3.1 Cenários de avaliação

Na definição de cenários de avaliação deverão ser distinguidos os cenários meteorológicos, os cenários de afluências de Espanha e, ainda, os cenários de utilizações.

Para a definição de cenários meteorológicos deverá ser considerada uma dupla vertente: por um lado, a verificação de condições meteorológicas similares às verificadas nos últimos 20 anos (cenário base); por outro, a ocorrência de eventuais alterações climáticas. Para tal, sugere-se a adopção dos seguintes cenários:

A. Cenário base, admitindo a mesma representatividade dos dados de P e ETo dos últimos 20 anos na região em estudo;

B. Cenário de Alterações Climáticas, conduzindo a uma redução de 11 % das afluências naturais (cenário considerado pelas autoridades espanholas na ARM 2656 de 22 de Setembro de 2008 – *Instrucción de Planificación Hidrológica*)

Por outro lado, para a definição das disponibilidades no período de avaliação, na região em estudo, será, ainda, necessária a definição de cenários de afluências de Espanha, nomeadamente considerando a avaliação na secção da estação de Monte da Vinha, tal como indicado na modelação da albufeira de Alqueva[163]. Desta forma, foram admitidos os seguintes cenários:

C. Cenário base, considerando representativas as afluências verificadas nos últimos 20 anos na região;

D. Cenário de Alterações Climáticas, conduzindo a uma redução de 11% das afluências verificadas nos últimos 20 anos.

E. Cenário de afluências mínimas, no âmbito da Convenção Luso-Espanhola. Neste cenário, deverão admitir-se as afluências necessárias à verificação do regime anual mínimo (300 hm^3/ ano na secção *Azud de Badajoz*) e do regime trimestral mínimo. Além disso, os anos de seca deverão ser considerados como excepção (mantendo a correspondência cronológica com as situações de seca do passado[164]), devendo ser considerados, neste caso, os volumes mensais mínimos verificados no histórico de registos da estação de Monte da Vinha.

Por fim, para a definição de cenários de utilizações deverá ser considerado, por um lado, o pleno funcionamento do sistema de Alqueva. Por outro, o potencial desenvolvimento da região, (demográfico e das actividades agrícolas), devido a esse factor de mudança na região. Como tal, distinguem-se os seguintes cenários de utilizações a considerar:

[163] Ver ponto 4.5.4.

[164] Tal significa que, sendo tomados como referência os últimos 20 anos de cenários metorológicos, ainda que sujeitos à afectação das Alterações Climáticas (Cenário B), a ordenação cronológica mantém-se. Assim, se o período de base adoptado for de 1990/91 a 2009/10, para simulação dos anos 2010/11 a 2029/30, por exemplo, a situação de seca de 2004/05, corresponderá ao ano de 2024/25.

F. Cenário base, admitindo a representatividade das utilizações actuais e o pleno funcionamento do sistema de Alqueva (110.000ha, com as culturas previstas em projecto);

G. Cenário de desenvolvimento regional 1, admitindo um crescimento de 15% (do tipo logarítmico) da população residente até ao final do período de avaliação (supondo uma distribuição espacial uniforme para toda a região);

H. Cenário de desenvolvimento regional 2, admitindo um crescimento linear de 10% das áreas agrícolas de regadio até 2020 e manutenção desse valor até 2030.

4.7.3.2 Sequência e conjugação de cenários

A simulação dos cenários descritos deverá ter início com os cenários base (similares à situação actual) e culminar nos cenários mais gravosos (correspondentes a menores disponibilidades e agravamento das utilizações). Não obstante, importa referir que as alterações climáticas deverão afectar tanto os cenários meteorológicos como as afluências de Espanha e que, ao nível das afluências de Espanha, o cenário de afluências mínimas (E) se considerou mais gravoso do que o das alterações climáticas (D).

Assim, poderá considerar-se a seguinte sequência de cenários de simulação

1. Base: Cenários A + C + F
2. Alterações climáticas: Cenários B + D + F
3. Redução de afluências de Espanha: Cenários A + E + F
4. Desenvolvimento regional: Cenários A + C + G; A + C + H; A + D + G + H
5. Alterações Climáticas + Desenvolvimento regional: Cenários B + D + G; B + D + H; B + D + G + H
6. Redução de Afluências + Desenvolvimento regional: Cenários A + E + G; A + E + H; A + E + G + H

4.7.3.3 Simulação das principais origens de água

A simulação das disponibilidades existentes nas diferentes origens poderá ser efectuada tomando como base os cenários e respectiva conjugação e sequência definidas nos pontos anteriores, utilizando a modelação das origens descrita no ponto 4.5.

4.7.3.4 Avaliação dos volumes em défice

A avaliação dos volumes em défice deverá ser feita, por sector utilizador, para cada origem de água e atendendo ao descrito em 4.7.1. Importa referir que, de acordo com esses critérios e, sendo considerado um período de cenarização de 20 anos, os volumes em défice deverão ser quantificados (dependendo do sector utilizador) aos níveis mensal, anual, a cada dois anos e a cada dez anos consecutivos.

4.7.3.5 Avaliação de impactos socioeconómicos devidos à escassez

Por fim, a avaliação de impactos socioeconómicos devidos à escassez deverão seguir o procedimento referido em 4.7.2. Não obstante, como se trata de uma simulação de cenários futuros, a actualização dos valores económicos obtidos deverá ser feita ao momento presente (neste caso, ao início do período de avaliação), devendo, no entanto, ser estimada uma taxa de inflação de acordo com as tendências económicas apontadas para futuro.

4.8 Conclusões

De acordo com os objectivos de base estipulados no início do presente capítulo (ponto 4.1), é possível retirar as seguintes conclusões.

No ponto 4.2 é efectuada uma caracterização das principais situações de seca, na região em estudo, de acordo com o histórico de registos existente de variáveis instrumentais representativas de diferentes origens de água. Dessa análise foi possível confirmar, como principais situações de seca (nos últimos 30 anos), os anos hidrológicos de 1980/81, 1982/83, 1991/92, 1992/93, 1994/95, 1998/99 e 2005/05. Não obstante, verifica-se, também, uma considerável limitação nos dados disponíveis na região em estudo, o que compromete a avaliação sistemática e contínua das variáveis instrumentais consideradas, nomeadamente para avaliação das disponibilidades nas diferentes origens de água. Conclui-se, assim, a necessidade da aplicação de modelos numéricos de simulação das origens de água, devidamente calibrados, procurando colmatar as falhas de monitorização existentes.

No ponto 4.3 é estabelecida uma metodologia de avaliação das vulnerabilidades às situações de seca. Tendo sido verificado, no Capítulo 2, que os índices habitualmente utilizados para a avaliação de situações de seca não permitem quantificar a dimensão socioeconómica desses impactos, foi estabelecida uma metodologia que procura estimar, ao nível das diferentes UAG, as consequências socioeconómicas de não satisfação das necessidades para os diferentes sectores utilizadores. Esses impactos são estimados atendendo à limitação das disponibilidades verificadas nas principais origens de água, no decorrer de uma situação de seca. Para o sector agrícola foi considerada a avaliação da perda de rendimento do sector, subdividida nos subsectores da agricultura de sequeiro, de regadio público e de regadio privado. Essa estimativa é obtida pela afectação da produção de cada subsector, face a uma situação de referência e pelos custos acrescidos para colmatar o decréscimo de alimento para a pecuária (pastagens). Por seu turno, em relação ao sector do abastecimento urbano, foi considerada a avaliação dos custos acrescidos para colmatação de falhas nos sistemas mais vulneráveis, admitindo o transporte dos volumes em falta por autotanque, a partir de outros sistemas ou origens de água, eventualmente complementados pela construção de novos furos para colmatar quebras de disponibilidades mais significativas. Note-se que, apesar de ter sido assumida a prioridade para o sector do abastecimento urbano, caso se pretendam conhecer eventuais alternativas, poderá ser usada a mesma metodologia, alterando a relação necessidades-disponibilidades para cada sector.

No ponto 4.4 é apresentado o esquema geral de aplicação da metodologia desenvolvida em 4.3. Salienta-se, em primeiro lugar, a abordagem de gestão do risco de seca, prospectiva, como base de avaliação para prevenção e preparação de uma eventual situação de seca. A escala temporal de análise corresponde ao ano hidrológico (de Outubro de um ano, até Setembro do ano civil seguinte), para a qual são definidos possíveis cenários de precipitação. Esses cenários, de precipitação mensal, específicos para cada mês do ano hidrológico, correspondem aos valores dos percentis 25, 50 e 75 da precipitação mensal verificada no período de registos (1960/61 a 2009/10). A avaliação do risco de seca deverá, então ser efectuada numa cadência mensal, considerando os valores reais das diferentes variáveis instrumentais, desde o início do ano hidrológico até ao mês da avaliação, bem como os valores de precipitação e correspondente simulação das origens, segundo os diferentes cenários estipulados, desde esse mês até ao final do ano hidrológico (30 de Setembro). A situação de referência, para comparação da eventual afectação económica, corresponde à simulação, para todo o ano hidrológico, do cenário intermédio (P 50 mensal), bem como a consideração de ausência de limitações das utilizações associadas às origens com armazenamento interanual (albufeiras e sistemas aquíferos).

Por outro lado, ainda no ponto 4.4, é apontada a aplicação da metodologia para avaliação da severidade de seca actual. No caso do abastecimento urbano tal é conseguido por uma avaliação retrospectiva, atendendo aos valores reais das variáveis instrumentais, considerando o período de avaliação dos 12 meses anteriores. No caso do sector agrícola, contudo, a avaliação da produção e respectiva comparação com a situação de referência, apenas poderá ser feita à escala do ano agrícola (admitido igual ao ano hidrológico). Como tal, considera-se, para este sector, a avaliação da situação actual correspondente, em cada mês, aos valores reais das variáveis instrumentais para o período desde o início do ano hidrológico até ao mês da avaliação, e ao cenário intermédio (P 50 mensal) para os restantes meses, até ao final do ano hidrológico.

No ponto 4.5 é desenvolvida a modelação das principais origens de água existentes na região, para colmatação das falhas de monitorização e aplicação à previsão futura do estado das origens e das disponibilidades correspondentes. No caso das águas subterrâneas distinguem-se as captações no Maciço Antigo Indiferenciado e as captações em sistemas aquíferos. No primeiro caso, na falta de dados de monitorização, é admitido que as disponibilidades correspondem à recarga anual e que as mesmas são capazes de satisfazer as necessidades anuais na situação de referência (cenário P 50 mensal). A afectação das disponibilidades é, então, dada pela relação entre a precipitação anual da avaliação em causa e a precipitação anual desse cenário. No segundo é considerada a simulação dos sistemas aquíferos, admitindo cada um destes como um reservatório definido pelo nível piezométrico médio global, pela área do aquífero, pelo coeficiente de armazenamento e pela profundidade limite de exploração do mesmo. As disponibilidades são avaliadas em função do nível médio global de água subterrânea armazenada, correspondente à média de níveis piezométricos considerados representativos, e atendendo a um balanço hídrico mensal, função da recarga, perdas (por descargas e evapotranspiração) e consumos verificados para os diferentes sectores utilizadores. Apesar da limitação de dados de caracterização e de monitorização (níveis piezométricos) para os sistemas

aquíferos da região em causa, considera-se que os modelos obtidos permitem uma estimativa razoável das disponibilidades existentes neste tipo de sistemas.

Para as águas superficiais, também no ponto 4.5, distinguem-se as pequenas albufeiras de iniciativa privada (regadio privado) e as albufeiras públicas. No caso das pequenas albufeiras não estão disponíveis quaisquer dados de monitorização. Por esse motivo admite-se uma avaliação global das albufeiras desse tipo existentes em cada UAG, por concelho, atendendo ao somatório das capacidades de armazenamento quantificadas para essas regiões e considerando que o pleno armazenamento das mesmas é atingido em situação de referência. A avaliação da afectação do escoamento superficial gerado em situação de seca é dada por proporção do escoamento em regime natural, simulado para o ano em causa, face ao escoamento correspondente em situação de referência. A geração de escoamento superficial em regime natural foi estimada por simulação hidrológica, com base em duas alternativas: o modelo de Temez e relações Precipitação anual-Escoamento anual definidas para estações hidrométricas representativas (a aferir no ponto 5.1.1). O armazenamento interanual nestas pequenas albufeiras é representado pelo volume resultante do ano anterior (depois de satisfeitas as necessidades associadas) considerando que, em todos os anos iguais ou superiores (em termos de escoamento anual) à situação de referência, as albufeiras atingem a capacidade máxima de armazenamento. Para as albufeiras públicas foi considerada a simulação por um modelo de balanço hídrico mensal, atendendo às afluências em regime natural geradas na bacia drenante das mesmas, às perdas por evaporação, às descargas e ainda aos consumos associados para os diferentes sectores utilizadores. A simulação das afluências é assegurada pelo modelo de Temez, cuja calibração, para cada albufeira, foi efectuada atendendo ao registo de volumes armazenados existente. Das simulações efectuadas foi possível concluir que os modelos obtidos permitem uma boa aproximação das disponibilidades existentes neste tipo de origens.

No ponto 4.6 é apresentada a classificação da severidade / risco de seca, considerada para os principais sectores utilizadores (sector agrícola e sector do abastecimento urbano). Para o sector agrícola foi considerada a avaliação da importância relativa das perdas quantificadas (para cada subsector e globalmente), face aos respectivos rendimentos em situação de referência. Para o sector do abastecimento urbano, considera-se uma classificação dos custos acrescidos para colmatação dos volumes em falha, face aos custos totais de fornecimento da água distribuída aos clientes finais da região em estudo. De igual forma, apresenta-se, ainda, uma classificação de severidade/ risco de seca, com base na importância da afectação global, obtida por somatório das perdas quantificadas individualmente para cada sector (e subsectores, no caso agrícola) utilizador, face ao Produto Interno Bruto da UAG respectiva.

Por fim, no ponto 4.7, é descrita uma aplicação da metodologia desenvolvida para avaliação de escassez, focando o balanço necessidades-disponibilidades, ao nível das origens, e adoptando, como critério de avaliação, os valores estipulados na legislação espanhola para os níveis de garantia na satisfação das necessidades dos sectores do abastecimento urbano e agrícola. Com base nesses critérios e na metodologia de avaliação de impactos desenvolvida, é indicado o procedimento de quantificação dos volumes em défice e dos impactos socioeconómicos correspondentes, levado a cabo para a região em estudo no período de 1998/99 a 2008/09. Além disso é apresentada, de forma exemplificativa, o potencial esquema de

avaliação de escassez em cenários futuros, tomando por base cenários de disponibilidades e de utilizações de longo prazo (20 anos), bem como a modelação das origens existentes na região.

Como nota final refira-se que se procurou minimizar a componente de incertezas e de não linearidades naturalmente associadas à avaliação de cada variável, bem como à modelação das diferentes origens, através de um processo de comparação dos resultados obtidos com os registos de impactos reais verificados, devidamente explorado e analisado no capítulo 5.

4.9 Referências bibliográficas

ADCA (2010), *Águas do Centro Alentejo*, sítio oficial da empresa Águas do Centro Alentejo, SA, disponível online em: [http://www.aguasdocentroalentejo.pt/] (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

ADNA (2010), *Águas do Norte Alentejano*, sítio oficial da empresa Águas do Norte Alentejano, SA, disponível online em: [http://www.adna.com.pt/] (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

ALLEN, R.; PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. (1998), *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*, FAO irrigation and drainage paper nº 56, FAO, Rome.

ALMEIDA, C., MENDONÇA, J.J.L., JESUS, M.R., GOMES, A.J. (2000), *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental – Maciço Antigo*, Centro de Geologia, Instituto da Água.

ALMEIDA, C., MENDONÇA, J.J.L., JESUS, M.R., GOMES, A.J. (2000a), *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental – Sistema Elvas-Campo Maior (A11)*, Centro de Geologia, Instituto da Água.

ALMEIDA, C., MENDONÇA, J.J.L., JESUS, M.R., GOMES, A.J. (2000b), *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental – Sistema Elvas-Vila Boim (A5)*, Centro de Geologia, Instituto da Água.

ALMEIDA, C., MENDONÇA, J.J.L., JESUS, M.R., GOMES, A.J. (2000c), *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental – Sistema Estremoz-Cano (A4)*, Centro de Geologia, Instituto da Água.

ÁLVAREZ, J., SÁNCHEZ, A., QUINTAS, L. (2005), *SIMPA, a GRASS based tool for Hydrological Studies* Proceedings of the FOSS/GRASS Users Conference - Bangkok, Thailand, 12-14 Setembro de 2004. International Journal of Geoinformatics, Association for Geoinformation Technology, Volume 1, no 1.

ANDREU, J.; PÉREZ, M.A.; FERRER, J.; VILLALOBOS, A. e PAREDES, J. (2007), *Drought Management Decision Support Systems by means of Risk Analysis Models*, em: G. Rossi, T. Vega, B. Bonaccorso (eds.) Methods and Tools for Drought Analysis and Management, Springer, pp. 195-216.

AQUASTRESS (2005), *Review Criteria and Case Study Selection Report – Contribuition to WP4.2*, documento do projecto AquaStress - Mitigation of Water Stress through new Approaches to Integrating Management, Technical, Economic and Institutional Instruments, EC FP6 - Sustainable development, global change and ecosystems programme, Cranfield University, disponível online em [http://www.aquastress.net/share/img_deliverables_file/17_D4.2.1.pdf].

AQUAVEO (2010), *Groundwater Modeling System*, site oficial da Aquaveo LLC, disponível em http://www.aquaveo.com/gms (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

ARBUÉS, F., GARCÍA-VALIÑAS, M.A., MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA, R. *(2003), Estimation of Residential Water Demand: A State-of-the-Art review,* Journal of Socio-Economics, vol 32, pp 81-102

ARH - ALENTEJO (2010), *Informação alfanumérica de características das albufeiras existentes no Alentejo*, Administração de Região Hidrográfica do Alentejo, I.P. (informação disponibilizada no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS).

ARH – ALENTEJO (2010a), *Contratos Programa celebrados com a CCDR-Alentejo no âmbito da situação de seca 2005*, (informação alfanumérica relativa aos acordos de financiamento, por concelho, fornecida pela ARH-Alentejo).

BIROL, E., KAROUSAKIS, K., KOUNDOURI, P. (2006), *Using economic valuation techniques to inform water resources management: A survey and critical appraisal of available techniques and an application*, Science of the Total Environment, Volume 365, Issues 1-3, pp105-122.

BOOKER, J., MICHELSEN, A., WARD, F. (2005), *Economic impact of alternative policy responses to prolonged and severe drought in the Rio Grande Basin*, Water Resources Research, Vol 41, W02026, doi:10.1029/2004WR003486

BOWEN, R. (1980), *Groud Water*, Applied Science Publishers LTD, Reino Unido, ISBN 0-85334-864-2.

BRANDÃO, C., RODRIGUES, R. (2000), *Hydrological Simulation of the International Catchements of Guadiana river*, Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, Volume 25, Issue 3, Pages 329-339.

CADC (2008), *Acta da reunião plenária CADC X, Anexo 6 - Nota Informativa – Captações na margem esquerda do Guadiana,* Comissão para a Aplicação e Desenvolvimento da Convenção.

CAETANO, M., NUNES, V., NUNES, A., (2009*), Corine Land Cover 2006 for Continental Portugal*, Relatório técnico, Instituto Geográfico Português.

CAI, X., MCKINNEY, D. C., AND LASDON, L. S. (2003), *Integrated hydrologic-agronomic-economic model for river basin management*, J. Water Resour. Plann. Manage., 129_1_, 4–17.

CCDR-ALENTEJO, INAG, EDIA (2007), *Levantamento das Captações de água superficial nas albufeiras de Alqueva e Pedrógão*, (Relatório disponibilizado no âmbito do Projecto SPGS).

CHAMBEL, A., DUQUE, J., NASCIMENTO, J. (2007), *Regional study of hard rock aquifers in Alentejo, South Portugal: methodology and results*, IAH-SP Series, Jirí Krásný & John M. Sharp Eds, Taylor & Francis, pp 73-93.

CHG (2007), *Plan Especial de Sequia de la Cuenca del Guadiana*, Confederación Hidrográfica del Guadiana, Ministerio de Medio Ambiente, Espanha, Badajoz.

CNPGB (2008), *Listagem de Barragens em Portugal*, http://cnpgb.inag.pt/gr_barragens/gbportugal/, Disponível URL [Outubro 2008].

COLBY, B. (1989), *Estimating the value of water in alternative uses,* Nat. Res. J., 29(2): 511–527.

COSTA, D. (2008), *Analysis of water management strategies for the left margin of the Guadiana river basin: implementation of a decision support tool*, Tese de mestrado integrado em Engenharia Civil (especialização em Hidráulica), Faculdade de Engenharia Universidade do Porto.

COTR (2003), *Inventário dos pequenos regadios particulares do Alentejo*, Centro Operativo e de Tecnologias do Regadio (informação disponibilizada no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS).

COTR (2010), *Sistema Agrometeorológico para a Gestão da Rega no Alentejo*, Centro Operativo e de Tecnologias do Regadio, disponível online em http://www.cotr.pt/sagra.asp (Outubro de 2010)

CPS (2005); *Seca em Portugal Continental - Relatório Quinzenal* (relatórios quinzenais de acompanhamento da Seca 2005, de 1 de Março a 31 de Dezembro de 2005), Secretariado técnico da Comissão para a Seca 2005, Instituto da Água, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

CRAWFORD, N.H., LINSLEY, R.K. (1966), *Digital Simulation in Hydrology: Stanford Watershed Model IV*, Technical Report No. 39, Department of Civil Engineering, Stanford University, p. 210.

DGADR (2009), *Aproveitamentos Hidroagrícolas do Grupo II, em exploração – Elementos estatísticos 1986-2008*, Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, ISBN 978-972-8649-93-7 (informação disponibilzada no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS).

DING, Y., HAYES, M., WILDHAM, M. (2010), *Measuring Economic Impacts of Drought: A review and Discussion*, Paper in Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln, disponível online em http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1198&context=natrespapers

DIXON, L.S., MOORE, N.Y., PINT, E.M. (1996), *Drought Management Policies and Economic effects in Urban Areas of California, 1987-1992*, California Urban Water Agencies, ISBN 0-8330-5467-1.

DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. (1979), *Yield response to water*, FAO Irrigation and Drain, Paper 33, Rome, Italy, 193 pp.

EDIA (2004), *Estudo de Impacte Ambiental – Troço de ligação Loureiro – Monte Novo*, *Volume III - Resumo Não Técnico*, Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas de Alqueva, S.A., disponível online em [http://www2.apambiente.pt/IPAMB_DPP/docs/RNT1250.pdf] (consulta mais recente efectuada em Dezembro de 2010).

EDIA (2010a), Informação SIG e relatórios com informação relativa ao sistema de Alqueva, EDIA - Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas de Alqueva (informação disponibilizada no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS).

EDIA (2010a), *Relatório e Contas – Exercício de 2009*, Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Aqueva, S.A.

ERHSA (2000), *Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo. Sistema Aquifero-Estremoz-Cano*, Comissão de Coordenação da Região Alentejo, Instituto da Água, Instituto Geológico e Mineiro, Universidade de Évora, Centro de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

EVANS, E. M., LEE, D. R., BOISVERT, R. N., ARCE, B., STEENHUIS, T. S., PRANO, M., POATS, S. V. (2003), *Achieving efficiency and equity in irrigation management: An optimization model of the El Angel watershed*, Carchi, Ecuador, Agricultural Systems, 77, 1–22.

FAO (2002), *Financial and Economic Appraisal of Irrigation Projects - Irrigation Manual*, Module 11, Water Resources Development and Management Office, FAO Sub-Regional Office for East and Southern Africa, Harare.

FAO (2004), *Economic valuation of water resources in agriculture - From the sectoral to a functional perspective of natural resource management*, FAO Water Reports, FAO, Roma, ISBN 92-5-105190-9.

FERREIRA, A.C., VIVAS, E., MAIA, R. (2010), *Modelação das albufeiras de Alqueva e Pedrógão*, Relatório Interno no âmbito do desenvolvimento do Projecto SPGS, FEUP.

GIBBONS, D.C. (1986), *The economic value of water*, Washington, D.C., Resources for the Future

GRAFTON, R.Q. (2009), *Economics of Water Resources*, Volumes I & II, ISBN 978-1-84720-646-6

GREEN, C. (2003), *Handbook of Water Economics –Principles and Practices*, ISBN 0-471-98571-6

GRIFFIN, R.C., MJELDE, J.W. (2000), *Valuing Water Supply Reliability*, American Journal of Agricultural Economics, 82(2), pp 414-426.

GUIMARÃES, R., CABRAL, J.S. (1997), *Estatística*, McGraw-Hill.

HARGREAVES, G.H., SAMANI, Z.A. (1985), *Reference crop evapotranspiration from temperature*, Applied Engrg. in Agric., 1, pp 96-99.

HASSAN, S.M.T. (2008), *Assessment of groundwater evaporation through groundwater model with spatio-temporally variable fluxes – case study of Pisões catchement*, Portugal, Tese de Mestrado em Geo-information Science and Earth Observation, Especialização em Water Resources and Environmental Management, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Holanda.

HENSHER, D., SHORE, N., TRAIN, K. (2006), *Water Supply Security and Willingness to Pay to Avoid Drought Restrictions*,. Economic Record, 82, 56–66.

HERAS, R. (1976), *Hidrología y Recursos Hidráulicos – Tomo I*, Dirección General de Obras Hidráulicas, Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, ISBN 84-500-1616-9.

HOUSTON, L., KLINE, J., ALIG, R. (2002), *Economics Research Supporting Water Resource Stewardship in the Pacific Northwest*, General Technical Report (PNW-GTR-550), U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

HOWE, C.W., SMITH, M.G., BENETT, L., BRENDECKE, M., FLACK, E., HAMM, R., MANN. R., ROZAKLIS, L., WUNDERLICH, K. (1994), *The Value of Water Supply Reliability in Urban Water Systems*, Journal of Environmental Economics and Management, 26 (1), pp 19-30.

INAG (2001), *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana*, Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Portugal.

INAG (2001a), *Plano Nacional da Água*, Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Portugal.

INAG (2001b), *Águas Superficiais – Caderno temático do Plano Nacional da Água*, Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Portugal.

INAG (2004), *Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais* (tabelas de dados, relatórios e informação georreferenciada referentes ao ano de 2002), Instituto da Água, I.P. (informação disponibilizada no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS).

INAG (2006), Documentação do Secretariado da Seca referente ao ano de 2005 e 2006 (em formato papel e em ficheiro) disponibilizado pelo Instituto da Água, I.P. no âmbito do desenvolvimento do projecto SPGS.

INAG (2006a), *Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais* 2006 (tabelas de dados referentes ao ano de 2005), Instituto da Água, I.P., disponível online em [http://insaar.inag.pt/].

INAG (2007), *Preliminary Country Report*, Contribuição portuguesa para o relatório da Comissão Europeia *Water Scarcity & Droughts – In-depth assessment, Second Interim Report*, Instituto da Água, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional.

INAG (2007a), *Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais* 2007 (tabelas de dados referentes ao ano de 2006), Instituto da Água, I.P., disponível online em http://insaar.inag.pt/.

INAG (2008), Elementos de projecto de execução das albufeiras públicas: Caia, Lucefecit, Vigia, Monte Novo e Alqueva, compilados no âmbito de processos de licenciamento, disponibilizados pelo Instituto da Água, I.P.

INAG (2008a), *Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais* 2008 (tabelas de dados referentes ao ano de 2007), Instituto da Água, I.P., disponível online em http://insaar.inag.pt/.

INAG (2009), *Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais* (tabelas de dados, relatórios e informação georreferenciada referentes ao ano de 2008), Instituto da Água, I.P. (informação disponibilizada no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS).

INE (2001), *Recenseamento Geral da Agricultura 1999*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa.

INE (2010), *Portal do Instituto Nacional de Estatística*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, disponível online em http://www.ine.pt/ (Consulta mais recente em Dezembro de 2010).

INE (2010a), *Conceitos estatísticos – Metainformação*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, disponível online em: http://metaweb.ine.pt/sim/conceitos/Default.aspx (Consulta mais recente em Dezembro de 2010).

INE (2010b), *Anuário estatístico da região Alentejo 2009,* Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, disponível online em http//:www.ine.pt (Consulta mais recente em Dezembro de 2010).

JENKINS, M. W., LUND, J. R., HOWITT, R.E. (2003), *Economic losses from urban water scarcity in California*, Journal of the American Water Works Association 95(2).

KASHEF, A. (1987), *Groudwater Engineering*, International Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapura, ISBN 0-07-100533-1.

LNEG (2010), *Léxico de termos hidrogeológicos*, e-Geo - Sistema Nacional de Informação Geocientífica / LNEG, disponível em http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lexico.aspx?Termo=Coeficiente%20de%20Armazenamento (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

LOUCKS, D. (2006), *Decision Support Systems for Drought Management*, em J. Andreu, G. Rossi, F. Vagliasindi, A. Vela (eds), Drought management and Planning for Water Resources, Taylor&Francis, Boca Raton, ISBN 1-56670-672-6, pp. 119-132.

MAIA, R., SCHUMANN, A. (2007), *DSS Application to the Development of Water Management Strategies in Ribeiras do Algarve River Basin*, Water Resources Management, 21 : 897-907.

MCKEE, T.B., DOESKEN, N.J., KLEIST, J. (1993). *The relationship of drought frequency and duration of time scales*. Eight Conference on Apllied Climatology, American Meteorological Society, Jan 17-23, Anaheim CA, pp. 179-186.

MENDES, J. (2008), *Linhas para a elaboração de um plano de minimização dos riscos de seca em zonas com escassez de recursos hídricos. O caso da margem esquerda do Guadiana*, Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, Porto.

MIDÕES, C., COSTA, A. (2010), *Sistema aquífero Estremoz-Cano*, Relatório LNEG, 2010, disponível online em [http://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/819/1/33825.pdf].

MONTEIRO, H. (2009), *Water Tariffs - Methods for an Efficient Cost Recovery and for the Implementation of the Water Framework Directive in Portugal*, Tese de Doutoramento em Economia, Instituto Superior de Economia e Gestão – Universidade Técnica de Lisboa.

OLIVEIRA, R. (1998), *XLWAT: um add-in para Excel*. Modelo de Precipitação-Escoamento. Chiron, Sistemas de Informação Lda., Lisboa.

OLIVEIRA,I., FABIÃO, M.S., TEIXEIRA, J.L, CARREIRA, D., SILVA, M. (2005), *SIGIRA parte I – Inventário dos Pequenos Regadios Individuais do Alentejo – PRIA*, I Congresso Nacional de Rega e Drenagem, Dezembro de 2005, Beja

ONTA, P., LOOF, R., BANSKOTA, M. (1995), *Performance based irrigation planning under water shortage*, Irrigation and Drainage Systems, 9: 143-162.

PÊGO, J.P., VIVAS, E., MAIA, R. (2010), *Calibração do modelo de simulação hidrológica de Temez à bacia do Guadiana,* Relatório Interno no âmbito do desenvolvimento do Projecto SPGS, FEUP.

RAPOSO, J.R. (1996), *A Rega – Dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega*, Fundação Calouste Gulbenkian – Serviço de educação, Portugal, ISBN – 972-31-0709-0.

RAUCHER, R., CHAPMAN, D., HENDERSON, J., HAGENSTAD, M., RICE, J., GOLDSTEIN, J., HUBER-LEE, A., DEOREO, W., MAYER, P., HURD, B., LINSKY, R., MEANS, E., RENWICK, M. (2005), *The value of Water: Concepts, Estimations and Applications for Water Managers*, Awwa Foundation, disponível online em http://www.aipa.org/Adobe_Files/Value_of_Water/2005_AWWARF_The_Value_of_Water_Concepts_Estimates_and_Applications_for_Water_Managers.pdf (Dezembro de 2010)

SAIH (2010), *Sistema Automático de Información Hidrológica del Guadiana,* Confederación Hidrográfica del Guadiana, disponível online em https://www.saihguadiana.com/.

SANTOS, M.J.J. (1996), *Modelo de distribuição de secas regionais*, Tese de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

SANTOS, M.J.J. (1998), *Caracterização e Monitorização de Secas*, Instituto da Água – Direcção de Serviços de Recursos Hídricos.

SERRALHEIRO, R., CARVALHO, M., CORTE-REAL, J., TOUREIRO, C. (2010), *1º Relatório trimestral – 1ª Fase do Sistema de Previsão e Gestão de Secas (SPGS)* (Relatório interno), Universidade de Évora.

SERRALHEIRO, R., CARVALHO, M., CORTE-REAL, J., TOUREIRO, C. (2010a), *2º Relatório trimestral – 1ª Fase do Sistema de Previsão e Gestão de Secas (SPGS)* (Relatório interno), Universidade de Évora.

SERRALHEIRO, R., CARVALHO, M., CORTE-REAL, J., TOUREIRO, C. (2010b), *3º Relatório trimestral – 1ª Fase do Sistema de Previsão e Gestão de Secas (SPGS)* (Relatório interno), Universidade de Évora.

SIAM (2002), *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures* – SIAM Project, F.D.Santos, K.Forbes, R.Moita (eds), Gradiva, Lisboa, Portugal.

SIAM II (2006), *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures* – SIAM Project II, F.D.Santos, and P. Miranda (eds), Gradiva, Lisboa, Portugal, ISBN 9896160813.

SNIRH (2010), *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*, INAG, 2010, disponível online em http://snirh.pt/.

TALLAKSEN, L., VAN LANEN, H. (2004) (eds), *Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*, [CD-Rom], Developments in Water Science, 48, Elsevier.

TEIXEIRA, J.L., PEREIRA, L.S. (1992), *ISAREG, an irrigation scheduling modeling*, ICID Bulletin, 41 (2), pp 29-48.

TEMEZ, J.R. (1977), *Modelo Matemático de transformación Precipitación-Aportación*, ASINEL.

THOM, H.C.S. (1958), *A note on the Gamma distribution*, Monthly Weather Review, Vol 86, nº 4, pp 117-122.

THOM, H.C.S. (1968), *Approximate convolution of the Gamma and mixed Gamma distributions*, Monthly Weather Review, Vol 96, nº 12, pp 883-886.

THORNTHWAITE, C. W. (1948), *An Approach toward a Rational Classification of Climate*, Geographical Review, Vol. 38, No. 1., pp. 55-94.

TOMÁS, M.T. (1979), *Utilização dos métodos das duplas acumulações e da correlação para análise, correcção e homogeneização de séries de precipitações e de caudais*, FEUP.

UPV (2008), *Universidad Politécnica de Valencia - Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente*, Homepage IIAMA-UPV – Software Aquatool, http://www.iiama.upv.es/software.php [online], Disponível URL [Outubro 2008].

USGS (2008), *Water Resources Surface Water Software*, Homepage do U.S. Geological Survey - EUA, http://water.usgs.gov/software/lists/surface_water, Disponível URL [Outubro 2008].

VALIÑAS, M. (2006), *Analysing rationing policies: drought and its effects on urban users' welfare* (Analysing rationing policies during drought), Applied Economics, 38: 8, 955 — 965.

VIVAS, E., FERREIRA, A.C., MAGALHÃES, H., MAIA, R. (2010), *Simulação dos principais sistemas aquíferos do Guadiana*, Relatório Interno no âmbito do desenvolvimento do Projecto SPGS, FEUP.

VIVAS, E., FERREIRA, A.C., MAGALHÃES, H., MAIA, R. (2010a), *Simulação das principais albufeiras do Guadiana*, Relatório Interno no âmbito do desenvolvimento do Projecto SPGS, FEUP.

VIVAS, E., FERREIRA, A.C., MAGALHÃES, H., MAIA, R. (2010b), *Análise e avaliação de resultados da avaliação socioeconómica*, Relatório Interno no âmbito do desenvolvimento do Projecto SPGS, FEUP.

VIVAS, E., MAIA, R. (2009), *Vantagens na aplicação de modelos de apoio à decisão na gestão e prevenção de situações de seca*, Actas das III Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente [2008], FEUP, ISBN 978-989-95557-2-3.

WARD, F. A., MICHELSEN, A. (2002), *The economic value of water in agriculture: Concepts and policy applications*, Water Policy, 4 December, 423–446.

WARD, F.A., BOOKER, J.F., MICHELSEN, A. (2006), *Integrated Economic, Hydrologic and Institutional Analysis of Policy Responses to Mitigate Drought Impacts in Rio Grande Basin*, Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, November-December.

WARD, F.A., YOUNG, R., LACEWELL, R., KING, J.P., FRASIER, M., MCGUCKIN, J.T., DUMARS, C., BOOKER, J., ELLIS, J., SRINIVASAN, R. (2001), *Institutional Adjustements for Coping with Prolonged and Severe Drought in the Rio Grande Basin*, Technical Completion Report No. 317, New Mexico WRRI, Texas WRRI, Colorado WRRI.

5. Análise e discussão de resultados

Tomando por base a metodologia de avaliação desenvolvida e descrita no Capítulo 4, bem como a estrutura desse capítulo, no Capítulo 5 será feita uma análise e discussão de resultados de acordo com o disposto na Figura 5.1.

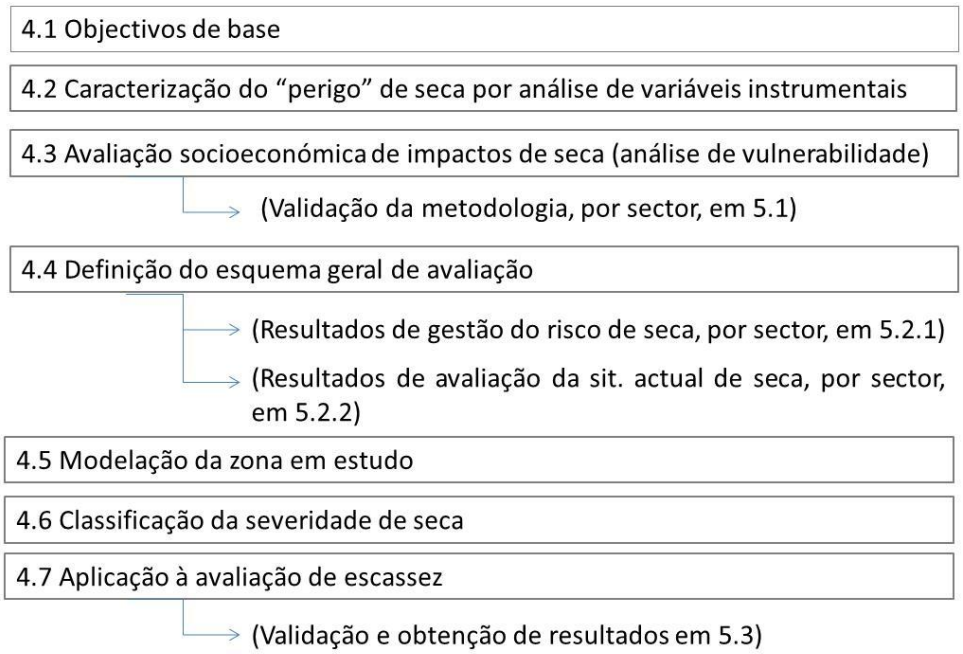


Figura 5.1: Correspondência entre os pontos de análise e discussão de resultados do capítulo 5 e a estrutura do capítulo 4.

Assim, no ponto 5.1, pretende-se efectuar uma validação do método desenvolvido para avaliação socioeconómica de impactos de seca. Para tal é feita uma análise dos resultados obtidos, ao final do ano hidrológico, segundo os diferentes sectores utilizadores (e subsectores no caso do sector agrícola), no ponto 5.1.1, bem como da agregação desses resultados, ao nível de UAG, para obtenção da afectação regional de seca, no ponto 5.1.2.

Em seguida, o ponto 5.2 tem como objectivo aferir as vantagens da aplicação da metodologia desenvolvida à avaliação mensal de uma situação de seca concreta, sendo tomado,

como exemplo, a situação de seca de 2004/05. Para tal é considerada a aplicação do esquema geral de avaliação definido no ponto 4.4, quer para a gestão do risco de seca (avaliação prospectiva), descrita no ponto 5.2.1, quer para avaliação da severidade de seca actual (caracterização do momento presente), descrita no ponto 5.2.2.

Por sua vez, no ponto 5.3, é exemplificada a aplicabilidade da metodologia desenvolvida à avaliação de escassez, destacando a quantificação de volumes em défice num período de tempo alargado (10 anos) (ponto 5.3.1), bem como a estimativa das perdas económicas correspondentes (ponto 5.3.2).

Por fim, no ponto 5.4, são apresentadas as principais conclusões em relação à análise e discussão de resultados efectuada, salientando os pontos mais importantes de cada tópico.

5.1 Análise de situações de seca no período 1998/99-2008/09

O período de avaliação considerado para a análise de situações de seca (1998/99 a 2008/09), teve por base os dados existentes de caracterização das utilizações associadas às diferentes origens, bem como o período mais limitativo de registos de monitorização (SNIRH, 2010).

De facto, no sector agrícola, verifica-se a existência de dados de ocupação cultural para os anos de 1997/98 a 2008/09 (DGADR, 2009), para os principais perímetros de regadio público. Foi, também, com base nos dados de precipitação e evapotranspiração de referência (ETo) desse período, que foram estimadas as necessidades hídricas das culturas presentes na região em estudo (Serralheiro *et al*, 2010, 2010a, 2010b). Refira-se, ainda que, para a agricultura de sequeiro e de regadio privado, os dados do RGA 99 (INE, 2001) representam uma ocupação cultural referente a 1999, ou seja, ao início do período de análise. Assim, dado que ainda não se encontram disponíveis os dados mais recentes do RA 2009, foram consideradas, para a presente avaliação, as ocupações culturais actualizadas para o ano de 2009, a partir dos dados do RGA 99 e segundo as evoluções destacadas nos anuários estatísticos do INE (INE, 2010)[165].

Por outro lado, no que toca aos dados de monitorização, o factor limitante acaba por corresponder à avaliação dos sistemas aquíferos, em que a respectiva monitorização dos níveis piezométricos apenas teve início, de forma mais sistemática, no ano hidrológico de 1998/99 (SNIRH, 2010).

5.1.1 Resultados, por sector, ao final do ano hidrológico (Setembro)

Para validação da avaliação socioeconómica de impactos de seca (desenvolvida no ponto 4.3), foi efectuada uma análise dos resultados obtidos, de forma diferenciada para cada sector e subsector (no caso da agricultura) utilizador, referentes ao final de cada ano hidrológico (Setembro). Para isso foram tomados como base os dados reais (SNIRH, 2010), para o período

[165] Tal como descrito em 4.3.2.

de 1998/99 a 2008/09, de precipitação mensal, de volumes armazenados em albufeira ao final do mês e de níveis piezométricos para as três UAG, sendo as eventuais falhas de dados, nomeadamente no caso dos sistemas aquíferos, colmatadas pelos resultados obtidos por modelos de simulação, desenvolvidos no ponto 4.5. De igual forma, para as origens sem qualquer tipo de monitorização, foram considerados os resultados obtidos por modelação, tomando como base os dados reais de precipitação e de evapotranspiração de referência.

Por fim, refira-se que as perdas económicas são apresentadas sem actualização monetária dos valores obtidos para os diferentes anos, uma vez que foi feita uma avaliação a preços constantes durante o período de análise, iguais aos preços médios admitidos, quer para o sector agrícola, quer para o sector do abastecimento urbano, em 4.3. Tal permitirá uma maior facilidade de análise de resultados e uma comparação directa dos diferentes anos.

5.1.1.1 Agricultura de sequeiro

Os resultados obtidos, para a agricultura de sequeiro, em relação às perdas económicas (€) e respectivo significado em relação ao rendimento do subsector (% Rend), foram calculados com base nos procedimentos descritos em 4.3.2, e são apresentados na Tabela 5.1, de acordo com a classificação apontada pela U.Évora (Serralheiro *et al*, 2010b) na Tabela 4.111.

Tabela 5.1: Resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca para o período 1998/99 a 2008/09, para o subsector da agricultura de sequeiro, nas UAG 1, 2 e 3.

Ano hidrológico	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend
1998-1999	-959.500	7%	0	0%	-646.818	4%
1999-2000	0	0%	0	0%	-160.169	1%
2000-2001	0	0%	0	0%	0	0%
2001-2002	0	0%	0	0%	0	0%
2002-2003	0	0%	-1.171.452	23%	0	0%
2003-2004	-951.891	7%	-1.386.915	27%	-4.074.191	25%
2004-2005	-8.266.029	61%	-4.309.435	83%	-11.413.639	71%
2005-2006	0	0%	0	0%	0	0%
2006-2007	-253.476	2%	-1.610.972	31%	-746.219	5%
2007-2008	0	0%	0	0%	0	0%
2008-2009	-4.646.415	35%	-1.853.072	36%	-5.265.955	33%

Por análise da Tabela 5.1 verifica-se que os principais impactos no subsector agrícola de sequeiro, para a globalidade da região em estudo, ocorrem no ano de 2004/05. No caso de 2008/09 deverá ser feita uma ressalva em relação à validade dos dados de precipitação considerados, tal como destacado no Capítulo 4 (ver pontos 4.2.1 e 4.2.5), dada a ausência de registos de impactos de seca nesse ano. Além disso, deve ser salientado o ano de 2003/04 com impactos especialmente significativos nas UAG 2 e 3, e menores na UAG 1. Em relação aos anos de seca identificados anteriormente, de uma forma genérica para a bacia do Guadiana, e

para a região em estudo[166], verifica-se que o ano de 1998/99 acaba por não corresponder a um ano de seca especialmente significativo para a agricultura de sequeiro, sendo apenas apresentados prejuízos ligeiros (inferiores a 10% dos rendimentos do subsector), nas UAG 1 e 3. Por outro lado, é possível verificar que, no período em análise, a UAG 2 é a unidade mais frequente e significativamente afectada na agricultura de sequeiro, com impactos mais significativos nos anos 2002/03, 2003/04, 2004/05 e 2006/07.

Para melhor compreensão destes resultados apresentam-se, nas Tabelas 5.2 a 5.4, os dados reais, para igual período, dos indicadores que servem de base à avaliação do sector agrícola de sequeiro, i.e., os valores de precipitação acumulada nos períodos Nov-Fev (X1), Mar-Abr (X2) para os cereais, leguminosas e forragens e ainda, os valores de precipitação acumulada nos períodos Set-Out e Set-Nov, e também dos períodos Nov-Fev e Mar-Abr, no caso específico das pastagens[167]. Para cada um destes períodos são devidamente salientados (a cor) os valores que estão abaixo dos respectivos valores de referência. Esses valores foram definidos, para os períodos correspondentes, tomando como base a situação de referência definida em 4.4.1.3, ou seja, os valores de precipitação mensal do cenário de P 50 mensal.

Tabela 5.2: Dados de precipitação (mm) para o período de 1998/99 a 2008/09, dos principais indicadores de avaliação do subsector do sequeiro (UAG 1), e comparação com os respectivos valores em situação de referência (Ref).

	UAG 1					
Culturas	Cereais, leguminosas e forragens		Pastagens			
			Período de Outono-Inverno			Período de Primavera
Indicador	P Nov-Fev (X1)	P Mar-Abr (X2)	P Set-Out	P Set-Nov	P Nov-Fev	P Mar-Abr
Ref (mm)	261,19	96,58	50,00	50,00	100,00	60,00
1998-1999	149,13	93,64	60,87	99,09	149,13	93,64
1999-2000	149,39	177,05	165,42	219,48	149,39	177,05
2000-2001	659,30	151,09	38,66	191,72	659,30	151,09
2001-2002	127,83	135,87	156,14	180,09	127,83	135,87
2002-2003	324,48	126,49	121,32	219,78	324,48	126,49
2003-2004	259,43	65,00	178,67	291,31	259,43	65,00
2004-2005	60,57	49,17	153,10	177,60	60,57	49,17
2005-2006	179,98	132,40	160,52	215,35	179,98	132,40
2006-2007	292,83	68,12	194,82	348,61	292,83	68,12
2007-2008	206,79	126,84	95,46	158,68	206,79	126,84
2008-2009	192,39	48,76	37,57	54,81	192,39	48,76

[166] Ver pontos 3.2 e 4.2.1.
[167] Ver ponto 4.3.2.

Tabela 5.3: Dados de precipitação (mm) para o período de 1998/99 a 2008/09, dos principais indicadores de avaliação do subsector do sequeiro (UAG 2), e comparação com os respectivos valores em situação de referência (Ref).

	UAG 2					
Culturas	Cereais, leguminosas e forragens		Pastagens			
			Período de Outono-Inverno			Período de Primavera
Indicador	P Nov-Fev (X1)	P Mar-Abr (X2)	P Set-Out	P Set-Nov	P Nov-Fev	P Mar-Abr
Ref (mm)	261,19	96,58	50,00	50,00	100,00	60,00
1998-1999	121,70	111,28	75,10	85,60	121,70	111,28
1999-2000	74,42	179,51	223,29	231,33	74,42	179,51
2000-2001	662,32	135,86	51,13	176,98	662,32	135,86
2001-2002	147,99	164,75	101,89	127,38	147,99	164,75
2002-2003	356,25	49,45	75,01	178,26	356,25	49,45
2003-2004	257,59	58,76	173,95	275,84	257,59	58,76
2004-2005	49,06	41,71	171,24	189,26	49,06	41,71
2005-2006	183,00	139,72	142,59	209,60	183,00	139,72
2006-2007	246,74	53,11	206,26	326,67	246,74	53,11
2007-2008	191,65	115,29	96,09	146,92	191,65	115,29
2008-2009	213,47	57,75	41,60	55,54	213,47	57,75

Tabela 5.4: Dados de precipitação (mm) para o período de 1998/99 a 2008/09, dos principais indicadores de avaliação do subsector do sequeiro (UAG 3), e comparação com os respectivos valores em situação de referência (Ref).

	UAG 3					
Culturas	Cereais, leguminosas e forragens		Pastagens			
			Período de Outono-Inverno			Período de Primavera
Indicador	P Nov-Fev (X1)	P Mar-Abr (X2)	P Set-Out	P Set-Nov	P Nov-Fev	P Mar-Abr
Ref (mm)	261,19	96,58	50,00	50,00	100,00	60,00
1998-1999	131,13	94,43	50,19	67,37	131,13	94,43
1999-2000	55,78	167,32	215,92	228,66	55,78	167,32
2000-2001	547,94	103,26	48,86	140,05	547,94	103,26
2001-2002	172,92	158,65	224,16	277,80	172,92	158,65
2002-2003	299,47	85,97	115,69	195,52	299,47	85,97
2003-2004	223,49	49,80	154,67	227,49	223,49	49,80
2004-2005	49,70	33,25	125,72	142,67	49,70	33,25
2005-2006	185,98	115,82	125,52	194,99	185,98	115,82
2006-2007	243,73	62,32	172,39	288,72	243,73	62,32
2007-2008	169,02	109,41	85,41	124,14	169,02	109,41
2008-2009	188,77	47,87	49,57	71,03	188,77	47,87

Por análise das Tabelas 5.2 a 5.4 verifica-se, então, que para as UAG 1, 2 e 3, o ano de 2004/05 foi o mais problemático, com praticamente todos os indicadores abaixo dos valores de referência. Refira-se ainda que, de acordo com o procedimento descrito em 4.3.2, caso se verifique um valor de precipitação acumulada no período de Novembro a Fevereiro (X1) inferior a 100mm, esse indicador é determinante (face à precipitação acumulada nos períodos de Setembro a Outubro, ou de Setembro a Novembro) para a afectação da produção de pastagens no período de Outono-Inverno. Assim, verifica-se que, nesse ano, todas as culturas de sequeiro,

nas diferentes UAG, viram a sua produção afectada. Por outro lado, no que diz respeito às culturas de cereais, leguminosas e forragens verifica-se que, em quase todos os anos do período analisado, pelo menos um dos seus indicadores está abaixo do respectivo valor de referência.

Procurando, ainda, aferir a relação destes indicadores com a produção verificada para as diferentes culturas, apresentam-se, nas Tabelas 5.5 a 5.7, os valores de produção para a cultura do Trigo, que serve de referência para as culturas de cereais e que permite a quantificação, por relações lineares (descritas em 4.3.2) da produção de leguminosas e de forragens. São ainda apresentados os dados de produção das pastagens, no período de Outono-Inverno e no período de Primavera, sendo salientados (a cor) os anos em que a produção fica abaixo dos respectivos valores de referência.

Tabela 5.5: Produção das culturas de trigo e de pastagens no período 1998/99 a 2008/09 na UAG 1

UAG 1			
Culturas	Produção Trigo (kg/ha)	Produção de pastagens (kg/ha)	
		Período de Outono-Inverno	Período de Primavera
Ref (kg/ha)	2.655,06	375,00	1.125,00
1998-1999	2.206,16	500,00	1.500,00
1999-2000	3.000,00	500,00	1.500,00
2000-2001	3.000,00	325,00	1.500,00
2001-2002	2.702,98	500,00	1.500,00
2002-2003	3.000,00	500,00	1.500,00
2003-2004	2.207,66	500,00	1.125,00
2004-2005	1.154,78	150,00	750,00
2005-2006	2.876,15	500,00	1.500,00
2006-2007	2.344,50	500,00	1.125,00
2007-2008	2.899,60	500,00	1.500,00
2008-2009	1.753,09	325,00	750,00

Tabela 5.6: Produção das culturas de trigo e de pastagens no período 1998/99 a 2008/09 na UAG 2

UAG 2			
Culturas	Produção Trigo (kg/ha)	Produção de pastagens (kg/ha)	
		Período de Outono-Inverno	Período de Primavera
Ref (kg/ha)	2.609,79	375,00	1.125,00
1998-1999	2.330,39	500,00	1.500,00
1999-2000	3.000,00	150,00	1.500,00
2000-2001	3.000,00	500,00	1.500,00
2001-2002	3.000,00	500,00	1.500,00
2002-2003	2.222,92	500,00	750,00
2003-2004	2.114,79	500,00	750,00
2004-2005	987,71	150,00	750,00
2005-2006	2.990,45	500,00	1.500,00
2006-2007	2.002,35	500,00	750,00
2007-2008	2.681,74	500,00	1.500,00
2008-2009	1.956,32	325,00	750,00

Tabela 5.7: Produção das culturas de trigo e de pastagens no período 1998/99 a 2008/09 na UAG 3

UAG 3			
Culturas	Produção Trigo (kg/ha)	Produção de pastagens (kg/ha)	
		Período de Outono-Inverno	Período de Primavera
Ref (kg/ha)	2.616,46	375,00	1.125,00
1998-1999	2.137,80	500,00	1.500,00
1999-2000	2.783,02	150,00	1.500,00
2000-2001	3.000,00	325,00	1.500,00
2001-2002	3.000,00	500,00	1.500,00
2002-2003	2.611,17	500,00	1.125,00
2003-2004	1.879,84	500,00	750,00
2004-2005	872,82	150,00	750,00
2005-2006	2.667,49	500,00	1.500,00
2006-2007	2.121,77	500,00	1.125,00
2007-2008	2.510,32	500,00	1.500,00
2008-2009	1.726,91	325,00	750,00

Como se pode verificar nas Tabelas 5.5 a 5.7 e, ao contrário do que se poderia prever pela análise das Tabelas 5.2 a 5.4, a quantificação da produção de trigo não surge afectada em alguns dos anos em que os indicadores estão abaixo dos valores de referência (tais como os anos de 2005/06 e 2007/08 nas UAG 1 e 2). Esta situação deve-se ao facto de a produção ser quantificada por um modelo (equação [4.6]), composto por dois indicadores (X1 e X2), sendo que, quando um desses indicadores fica ligeiramente abaixo da situação de referência, o outro poderá compensar essa falha, resultando numa produção idêntica ou mesmo superior à situação de referência, procurando representar o que sucede na realidade. De igual forma, no que toca aos valores de produção refira-se que, tal como indicado em 4.3.2., existem valores de produção em condições óptimas (que no caso do trigo correspondem a 3000kg/ha) mas que apenas são atingidos para valores de precipitação mais elevados do que a situação de referência (neste caso próximos da média). Tal como referido no ponto 4.4.1, as perdas económicas são quantificadas, na presente metodologia, em relação ao rendimento expectável em situação de referência, cuja frequência de ocorrência se situa abaixo dos 50%. Considera-se, assim que, no caso do sequeiro, os valores de produção referentes a esta situação, podem representar o limite abaixo dos quais devem ser quantificados os impactos imputáveis à situação de seca, não sendo, pois, incorporadas as perdas correspondentes ao risco, assumido pelo agricultor na produção deste tipo de culturas, naturalmente mais dependentes da variabilidade climática, do que a agricultura de regadio por exemplo. Isso mesmo se poderá confirmar também por análise dos resultados das Tabelas 5.5 a 5.7. Tomando como exemplo a produção de Trigo, para a UAG 1, verifica-se que, 5 dos 11 anos do período de análise, estão abaixo da produção expectável na situação de referência, confirmando-se, ainda, que apenas se atingiu a produção óptima em 3 dos 11 anos do período de análise (1999/00, 2000/01 e 2002/03).

Ainda em relação às culturas de cereais, leguminosas e forragens, representadas pela produção do Trigo, verifica-se que, apesar de a produção correspondente vir afectada nos anos

de 1998/99 na UAG 2 e de 2002/03 na UAG 3, as mesmas não apresentam perdas económicas nesses anos (Tabela 5.1). Tal deve-se à consideração de um preço mais elevado aplicado às forragens em situação de seca, para representação da tendência de subida de preços, a nível local, na venda deste tipo de culturas (alimento para gado). De facto verifica-se que esse aumento de rendimento pode mesmo compensar as perdas económicas verificadas nas demais culturas para o subsector do sequeiro, como é o caso das situações referidas.

No caso da produção de pastagens, a quantificação dos custos acrescidos para a aquisição de alimento para gado, apenas se verifica quando os valores de produção são inferiores a 75% da produção óptima (500 kg/ha na produção de Outono-Inverno e 1500 kg/ha na produção de Primavera). Correspondendo, de uma forma geral, as situações em que se verificam as produções mais reduzidas de pastagens, aos anos em que as demais culturas de sequeiro também são mais afectadas, existem, contudo algumas excepções, como é o caso dos anos de 1999/2000 e de 2000/2001, em que, apesar de as pastagens surgirem afectadas no período de Outono-Inverno, os custos acrescidos para alimentação do gado, à excepção do que se passa na UAG 3, não suplantam os ganhos de rendimento, face à situação de referência, do subsector agrícola de sequeiro. Tal deve-se à produção mais elevada nas demais culturas, razão pela qual não são quantificadas perdas económicas neste sector, para esses anos, nas UAG 1 e 2 (Tabela 5.1).

Por outro lado, foram resumidos, nas Tabelas 3.15 e 3.16, do Capítulo 3, os dados de quebra de produtividade das culturas de sequeiro para a seca de 2005 (único ano agrícola com dados de impactos reais e, globalmente, correspondente ao ano hidrológico 2004/05), correspondendo a uma quantificação, de forma global, para toda a região administrativa do Alentejo (INAG, 2006). Segundo esses dados, verifica-se que as perdas de produção, em relação ao ano anterior (2003/04), variaram, no caso dos cereais, entre reduções de cerca de 61% no Centeio, 63% no Triticale e 96% no Trigo Duro, apesar de se ter verificado um aumento de produção de quase 86% do Trigo Mole (de valor económico inferior). No caso das forragens, tomando como exemplo a Aveia, a perda de produção foi de 65%. Por sua vez, nas pastagens de sequeiro (Tabela 3.16), verifica-se um decréscimo de produção entre os 76% e os 84%, face à média de produções dos anos de 1999/00, 2000/01 e 2001/02.

Dado que a região em estudo tem uma dimensão bastante reduzida face à globalidade da região administrativa do Alentejo, e não existem dados, para os anos em causa, das áreas afectas a culturas de sequeiro e respectiva ocupação cultural, não é possível efectuar uma comparação directa dos resultados obtidos com os referidos valores de impactos reais. Ainda assim, procurando aplicar a metodologia desenvolvida para obter o mesmo tipo de avaliação, com base na estimativa de áreas descritas em 4.3.2, são apresentadas, na Tabela 5.8, as estimativas de quebra de produção, para a região em estudo, dos cereais, leguminosas e forragens de sequeiro, em relação ao ano anterior (% perda em relação a 2003/04) e à situação de referência (% perda em relação à situação de referência).

Verifica-se, assim, que para as culturas de cereais de sequeiro, representadas pelo Trigo, é estimado um decréscimo de produção entre os 51%, face ao ano anterior (2003/04), e os 62% face à situação de referência, enquanto, no caso das forragens, a avaliação com base na cultura de Aveia, permite quantificar uma quebra de cerca de 30 % em relação à produção do

ano anterior e de 41% em relação à situação de referência. A diferença entre as quebras de produção estimadas em relação ao ano de 2003/04 e os valores correspondentes em relação à situação de referência deve-se, naturalmente, ao facto de 2003/04 ter sido um ano já com alguns impactos nas culturas de sequeiro (Tabela 5.1).

Tabela 5.8: Estimativa de quebras de produção das culturas de sequeiro de cereais, leguminosas e forragens nas UAG 1, 2 e 3 no ano de 2004/05.

Produção total (ton)		UAG 1	UAG 2	UAG 3	Região em estudo		
					Total	% perda em relação a 2003/04	% perda em relação a sit. ref
Cereais	2004/05	27.867,25	8.457,80	23.079,10	59.404,15	- 51%	- 62%
	2003/04	53.275,15	18.108,99	49.706,70	121.090,83	-	-
	Sit. Ref.	64.071,85	22.347,60	69.184,40	155.603,86	-	-
Leguminosas	2004/05	63,29	79,41	222,47	365,17	- 37%	- 49%
	2003/04	96,70	128,41	353,33	578,44	-	-
	Sit. Ref.	110,91	149,92	449,05	709,88	-	-
Forragens	2004/05	18.698,45	9.655,92	29.293,86	57.648,23	- 30%	- 41%
	2003/04	26.342,24	14.174,52	42.155,54	82.672,30	-	-
	Sit. Ref.	29.590,36	16.159,00	51.563,66	97.313,02	-	-

Por outro lado, na Tabela 5.9, a redução de produção nas pastagens foi estimada tomando por comparação a média das produções quantificadas para os anos de 1999/00, 2000/01 e 2001/02 (% perda em relação à média 3 anos), bem como a situação de referência (% perda em relação a sit. ref.). Os valores obtidos correspondem a uma redução de cerca de 53% no total, face à média de produção quantificada para 1999/00 a 2001/02, e de 55% face à produção em situação de referência.

Tabela 5.9: Estimativa de quebras de produção das pastagens nas UAG 1, 2 e 3 no ano de 2004/05.

Produção total (ton)		UAG 1	UAG 2	UAG 3	Região em estudo		
					Total	% perda em relação a média 3 anos	% perda em relação a sit. ref.
2004/05	Outono-Inverno	3.880,95	3.608,70	5.850,45	13.340,10	- 63%	- 70%
	Primavera	19.404,75	18.043,50	29.252,25	66.700,50	- 50%	- 50%
	Total	23.285,70	21.652,20	35.102,70	80.040,60	- 53%	- 55%
Média 1999/00, 2000/01 e 2001/02	Outono-Inverno	11.427,24	12.029,00	12.675,98	36.132,22	-	-
	Primavera	38.809,50	36.087,00	58.504,50	133.401,00	-	-
	Total	50.236,74	48.116,00	71.180,48	169.533,22	-	-
Sit. Ref.	Outono-Inverno	12.936,50	12.029,00	19.501,50	44.467,00	-	-
	Primavera	38.809,50	36.087,00	58.504,50	133.401,00	-	-
	Total	51.746,00	48.116,00	78.006,00	177.868,00	-	-

Apesar de os impactos quantificados com base na metodologia desenvolvida (Tabelas 5.8 e 5.9) não serem directamente comparáveis com os valores, anteriormente indicados, para as quebras reais de produção das culturas de sequeiro e pastagens verificadas no ano de

2004/05, para a área da região administrativa do Alentejo, verifica-se que estas são ligeiramente mais reduzidos que as quebras reais. Ainda assim, face às restrições anteriormente apontadas, e ao facto de não existirem dados similares para outras situações de seca, considera-se que os resultados obtidos poderão ser considerados satisfatórios. Não obstante, deverá ser prevista, para futuro, uma aferição das perdas em situação de seca, tanto de produção, como de rendimento económico deste subsector, nomeadamente tendo por base dados actualizados de áreas afectas às culturas de sequeiro e respectiva ocupação cultural.

Por outro lado, no que diz respeito à escala de severidade adoptada (Tabela 4.111), poderá verificar-se, por análise da Tabela 5.1, que a mesma permite identificar, num período de 10 anos (não considerando o ano de 2008/09):

- na UAG 1, uma situação de seca extrema;
- na UAG 2, duas situações de seca moderada, uma situação de seca severa e outra de seca extrema;
- na UAG 3, uma situação de seca moderada e outra de seca extrema.

Por outro lado, as situações identificadas como seca extrema são correspondentes, nas diferentes UAG, ao ano de 2004/05, confirmando-se como o mais gravoso do período de análise e, para o qual, se registaram impactos mais significativos. Por esse motivo, e atendendo a que a agricultura de sequeiro corresponde a um subsector sensível e vulnerável a situações de seca, a escala de severidade definida poderá ser considerada adequada. Ainda assim admite-se que, para futuro, a escala de classificação considerada deva ser aferida, nomeadamente com a obtenção de mais dados de impactos reais em situações de seca, bem como de dados de base para caracterização deste subsector (áreas e ocupação cultural) num período de avaliação mais alargado.

Por fim, considerando uma comparação com alguns dos índices mais utilizados para avaliação de seca, em especial versando a produção agrícola, tal como destacado em 2.2.3, justifica-se uma comparação com o índice PDSI (Palmer, 1965) que, corresponde, aliás, ao índice de avaliação da situação de seca meteorológica em Portugal, pelo Instituto de Meteorologia, I.P., tal como devidamente descrito no ponto 1.6.1. Esse índice é determinado com base num modelo de balanço hídrico ao nível do solo, descrito no ponto 2.2.3, que deverá ser devidamente calibrado à região em causa. Tal permitirá avaliar, em cada mês, o teor de humidade do solo, principal origem de água das culturas de sequeiro.

Não se enquadrando, no âmbito da presente tese, uma replicação do procedimento de cálculo do PDSI para esta região, foram considerados os valores correspondentes dos mapas divulgados pelo IM, IP para todo o país. Face aos dados disponíveis foi possível avaliar os resultados referentes aos anos de 2005, 2006, 2007, 2008 e 2009 (IM, 2005; 2006; 2007; 2008; 2009). Apesar de serem divulgados mapas mensais do índice PDSI, este índice não avalia directamente a precipitação do mês em causa, mas sim a influência da mesma na evolução mensal do teor de humidade do solo, comparando, ainda, o valor de balanço de cada mês com o registado, no mesmo mês, mas em outros anos. Por esse motivo, a escala temporal de avaliação correspondente é de vários meses, tal como também é apontado em Vicente-Serrano *et al* (2010). Assim, considera-se a comparação dos valores do PDSI dos meses de Fevereiro e de Abril, com os períodos considerados críticos (Nov a Fev- X1 e Mar a Abr- X2) na avaliação de

sequeiro acima analisada (Tabelas 5.2 a 5.4). Os mapas do índice PDSI, considerados correspondentes, são referentes aos meses de Fevereiro e de Abril de cada ano hidrológico acima identificado, e encontram-se sistematizados na Tabela 5.10, assumindo a classificação de severidade de seca originalmente apontada por Palmer (1965).

Por análise dos mapas do índice PDSI, de 2004/05 a 2008/09, (Tabela 5.10) verifica-se que o ano mais gravoso, em toda a região em estudo, correspondeu a 2004/05, confirmando-se uma menor severidade do ano 2008/09, face a este. Por outro lado, é possível verificar que, dos anos hidrológicos analisados, apenas 2006/07 corresponde a uma situação próxima da normal nos dois meses analisados. Além disso, para a região em estudo assinalada, verifica-se que o índice PDSI aponta uma situação de seca fraca a moderada nos meses de Fevereiro e de Abril de 2006 (ano 2005/06), verificando-se todavia, por comparação com os resultados obtidos pela metodologia desenvolvida na presente tese (Tabelas 5.2 a 5.4), que a afectação de seca apenas surge apontada no indicador X1, referente ao período Novembro a Fevereiro, não levando sequer à afectação do rendimento deste subsector, uma vez que a produção foi superior à situação de referência, por compensação do indicador X2, tal como referido anteriormente. Situação idêntica é verificada no ano de 2007/08, classificado como sendo de seca fraca, segundo o PDSI no mês de Fevereiro (Tabela 5.10), mas em que não se verifica quaisquer impactos de seca segundo a avaliação de sequeiro desenvolvida anteriormente (Tabela 5.1). Por outro lado, no que se refere ao ano de 2006/07, o índice PDSI aponta para uma situação aparentemente favorável, embora se note uma diminuição ligeira dos níveis de humidade do solo, pela diminuição ligeira de classificação, de chuva fraca em Fevereiro de 2007, para situação normal em Abril de 2007. Todavia, pela avaliação socioeconómica de sequeiro (Tabela 5.1) são quantificados impactos relativamente relevantes para esse ano, em especial na UAG 2, verificando-se, por análise das Tabela 5.2 a 5.7, que a diminuição de precipitação é especialmente sentida no período de Março a Abril de 2007, conduzindo inclusive a uma afectação da produção de pastagens no período de primavera na UAG 2. Procurando aferir esses dados com os resultados do índice PDSI, foram ainda analisados os mapas correspondentes a esse índice para os meses de Maio e Junho de 2007 (IM, 2007) (Tabela 5.11).

Tabela 5.10: Mapas para Portugal Continental, do índice PDSI em Fevereiro e Março dos anos hidrológicos 2004/05, 2005/06, 2006/07, 2007/08 e 2008/09 (IM, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009)

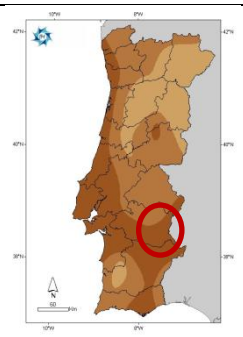
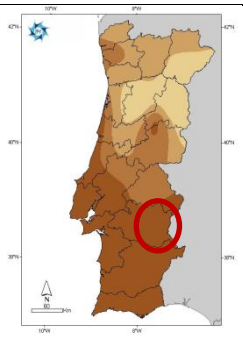
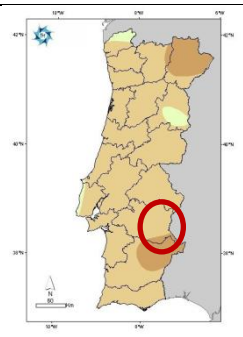
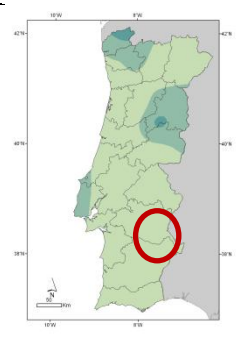
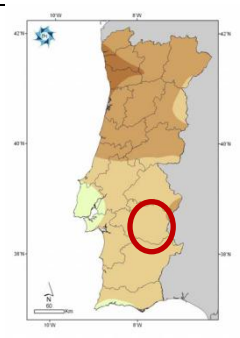
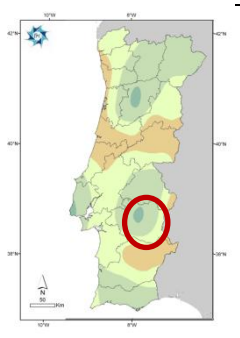
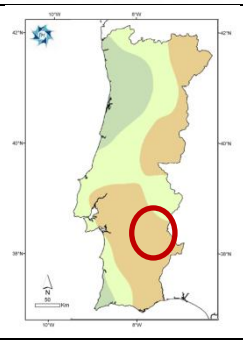
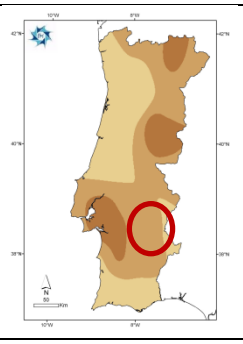
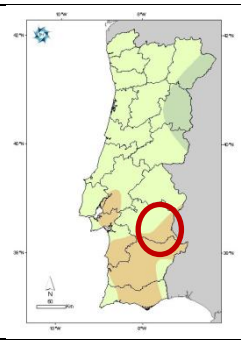
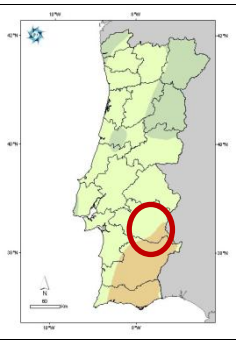
Ano Hid.	Mapa mês Fevereiro	Mapa mês Abril	Classificação PDSI (Palmer, 1965)
2004/05			≥ 4.00 chuva extrema 3.00 a 3.99 chuva severa 2.00 a 2.99 chuva moderada 0.50 a 1.99 chuva fraca 0.49 a –0.49 normal -0.50 a -1.99 seca fraca -2.00 a -2.99 seca moderada -3.00 a -3.99 seca severa ≤ -4.00 seca extrema
2005/06			
2006/07			
2007/08			
2008/09			

Tabela 5.11: Mapas para Portugal Continental, do índice PDSI em Maio e Junho de 2007 (IM, 2007)

Ano (mês)	Mapa mês Maio	Mapa mês Junho	Classificação PDSI (Palmer, 1965)
2006/07			≥ 4.00 chuva extrema 3.00 a 3.99 chuva severa 2.00 a 2.99 chuva moderada 0.50 a 1.99 chuva fraca 0.49 a –0.49 normal -0.50 a -1.99 seca fraca -2.00 a -2.99 seca moderada -3.00 a -3.99 seca severa ≤ -4.00 seca extrema

De acordo com a Tabela 5.11, pôde-se confirmar que, nos meses de Maio e de Junho de 2007, se verificaram condições de seca fraca na região em estudo. Poderá, assim, ser considerado que tal poderá corresponder a algum atraso na indicação de situação de seca através do índice PDSI, correspondente a algumas das limitações apontadas em relação a este índice, no ponto 2.2.3. Apesar de a avaliação deste índice, apresentada pelo Instituto de Meteorologia, IP, ter uma abrangência espacial bastante mais vasta do que o considerado para a região em estudo, desconhecendo-se o número total de estações que servem de base ao cálculo deste indicador para essa região, a comparação de resultados efectuada parece confirmar que a metodologia de avaliação socioeconómica desenvolvida permite uma análise da afectação do subsector de sequeiro mais adequada à avaliação da produção das culturas características da região, o que não é passível de ser obtido, de forma rigorosa, apenas pela avaliação do teor de humidade existente no solo (como é o caso do PDSI). Ainda assim, considera-se que a relação da presente avaliação com os resultados obtidos através do índice PDSI poderá ser um aspecto a explorar melhor no futuro, nomeadamente através de uma comparação do PDSI quantificado especificamente para a região em estudo, com base num período de avaliação mais extenso e comparando com impactos reais verificados nas culturas de sequeiro.

5.1.1.2 Agricultura de regadio público

As áreas de regadio público encontram-se associadas a aproveitamentos hidroagrícolas, pelo que as eventuais perdas de rendimento neste subsector estarão dependentes das disponibilidades, para rega, nas albufeiras em causa, e das necessidades hídricas das culturas.

Importa referir que, nas albufeiras em que existem captações para o sector do abastecimento urbano (prioritário), as disponibilidades para rega foram quantificadas deduzindo, às disponibilidades totais em albufeira, as necessidades para esse sector.

Por outro lado, no que diz respeito às necessidades para rega, é importante referir que a ocupação cultural de um determinado ano é influenciada por múltiplos factores que vão desde as tendências de mercado e de práticas culturais, às previsões, mais ou menos fiáveis, de disponibilidades expectáveis para rega. Assim, o histórico de ocupações culturais reais apresentadas, para os diferentes anos, nas Tabelas 4.35 a 4.39 do ponto 4.3.2.2, reflectem já

eventuais reduções de área cultivada que tenham sido adoptadas preventivamente pelos agricultores, face aos volumes existentes em albufeira na altura de sementeira (Março-Abril). Desta forma, a utilização das áreas de cada ano, para quantificação das necessidades associadas e eventuais perdas económicas deste subsector, nesse mesmo ano, iriam mascarar os resultados finais face ao rendimento obtido pelo mesmo, noutros anos.

Por outro lado, no ponto 4.3.2.2, refere-se, também, que se deverá considerar, para avaliação futura, e por forma a perspectivar a ocupação cultural a ocorrer, as áreas médias associadas às principais culturas nos últimos 3 anos. Essas áreas são utilizadas quer para estimativa das necessidades para rega, quer para previsão das consequentes perdas económicas e do rendimento expectável em situação de referência. De facto, as áreas reais verificadas em cada ano incluem já eventuais reduções de área cultivada que possam ter sido originadas por limitação das disponibilidades existentes. Assim, procurando, por um lado, estimar as perdas reais, nos anos hidrológicos em causa, face à média de rendimento do sector e, por outro, reflectir alguma variação na ocupação cultural considerada em cada ano, decorrente de eventuais tendências de mercado, foi admitido que o período de 3 anos, considerado para a avaliação em situação futura, poderia também servir de referência à estimativa das perdas económicas reais em cada ano hidrológico.

Na Tabela 5.12 são sistematizadas, segundo as albufeiras existentes nos aproveitamentos hidroagrícolas de cada UAG, para cada ano hidrológico, as disponibilidades estimadas de acordo com o disposto em 4.5.4. Além disso, é ainda apresentada, em cada ano, a % de capacidade útil real verificada no início do ano hidrológico, i.e., em Outubro [(volume existente em albufeira – volume morto)/ (capacidade útil de armazenamento)], bem como estimativas de afluências já corrigidas, de acordo com os volumes reais verificados nas albufeiras (SNIRH, 2010), tal como descrito naquele ponto. No que toca às necessidades são apresentadas, para cada ano hidrológico, as calculadas com base nos 3 anos antecedentes ao ano em análise, à excepção dos dois primeiros anos do período analisado. Nesses casos: em 1998/99 foi admitida a distribuição cultural do ano anterior (1997/98), que se verificou tratar-se de um ano normal; no ano 1999/00, admitiu-se a média das ocupações culturais reais verificadas nos anos 1997/98 e 1998/99. Saliente-se ainda que, no caso da albufeira de Alqueva, apenas estiveram em funcionamento os perímetros de rega da Aldeia da Luz e de São Manços, a partir dos anos hidrológicos de 2005/06 e 2008/09, respectivamente. Para esses perímetros foram consideradas as ocupações culturais definidas nas Tabelas 4.38 e 4.39, respectivamente. Por outro lado, às disponibilidades estimadas foram deduzidos os volumes das captações privadas para rega que se localizam nas margens da albufeira de Alqueva, em território Português e Espanhol (Tabela 4.96), uma vez que estas, apesar de não terem prioridade, foram legalmente autorizadas e terão uma exploração autónoma da gestão corrente dessa albufeira[168].

[168] Este ponto deverá, todavia, ser melhor aferido com a EDIA, em desenvolvimentos futuros.

Tabela 5.12: Dados de disponibilidades e necessidades para o período 1998/99 a 2008/09, nas principais albufeiras, de cada UAG, e áreas de regadio público associadas.

	UAG 1				UAG 2				UAG 3							
	Alb. Caia				Alb. Lucefecit				Alb. Vigia				Alb. Alqueva			
Ano Hid.	Disp (hm^3/ano)	% Cap útil Out (hm3)	Afluências corrigidas (hm^3)	Necessidades calculadas (hm^3)	Disp (hm3/ano)	% Cap útil Out (hm3)	Afluências corrigidas (hm3)	Necessidades calculadas (hm3)	Disp (hm3/ano)	% Cap útil Out (hm3)	Afluências corrigidas (hm3)	Necessidades calculadas (hm3)	Disp (hm3/ano)	% Cap útil Out (hm3)	Afluências corrigidas (hm3)	Necessidades calculadas (hm3)
1998/99	106,7	59%	5,2	39,0	3,1	30%	1,1	7,2	8,6	54%	1,9	8,8	-	-	-	-
1999/00	64,6	33%	9,3	40,3	3,2	13%	2,9	6,5	8,0	20%	7,3	8,0	-	-	-	-
2000/01	168,3	15%	222,3	39,3	10,5	24%	45,6	6,4	14,7	35%	13,8	7,0	-	-	-	-
2001/02	123,3	67%	8,6	37	8,7	49%	6,9	6,1	12,2	60%	7,4	6,9	-	-	-	-
2002/03	143.0	42%	75,9	35,1	8,7	25%	78,8	6,1	13,2	51%	10,3	7,0	-	-	-	-
2003/04	157,3	52%	72,7	32,3	8,8	26%	23,8	6,0	13,2	52%	9,6	8,2	-	-	-	-
2004/05	104,8	59%	2,9	30,2	2,6	31%	0,4	5,4	5,8	48%	0,5	8,1	-	-	-	-
2005/06	85,9	34%	30,7	26,1	8,9	9%	9,5	4,6	5,9	19%	5,4	7,3	1453	56%	991	2,2
2006/07	141,4	33%	92,4	23,7	8,8	83%	16,4	3,8	10,4	20%	10,2	5,8	2187	56%	1784	2,2
2007/08	113,9	58%	14,9	22,6	7,9	36%	5,9	4,0	8,2	45%	3,8	4,9	1966	72%	1712	2,2
2008/09	89,9	41%	22,6	24,6	8,0	27%	6,7	4,3	5,7	19%	4,9	5,1	2097	69%	2221	13,9

Por análise da Tabela 5.12 é possível verificar que, na UAG 1, devido à capacidade de armazenamento da albufeira do Caia, não se verifica nenhuma afectação devida a situações de seca. Também a albufeira do Alqueva, devido à sua elevada capacidade de armazenamento e reduzidas utilizações verificadas até ao ano hidrológico de 2008/09, não apresenta qualquer limitação de utilizações.

Verifica-se igualmente que a albufeira do Lucefecit, na UAG 2, apresenta uma capacidade de armazenamento bastante limitada face aos níveis de afluências dos anos e meses mais chuvosos, e face aos valores de utilizações associadas. Tal acaba por conduzir à ocorrência dos impactos de seca mais significativos, neste subsector, de toda a região em estudo, tal como verificado nos anos de 1998/99, 1999/00 e 2004/05, nos quais não é possível suprir mais de metade das necessidades associadas a esta albufeira.

A albufeira da Vigia, por sua vez, possui uma capacidade de armazenamento mais adequada às afluências verificadas, embora se verifique, também, um nível de utilizações elevado, facto que se reflecte nas limitações de utilizações verificadas nos anos de 1998/99, 2004/05 e 2005/06. Todavia, estas são mais ligeiras do que as verificadas nas áreas associadas à albufeira do Lucefecit.

Decorrente destes dados, no período de avaliação considerado (1998/99 a 2008/09) as perdas económicas quantificadas, devido a impactos de seca, são apresentadas na Tabela 5.13, para as UAG 1, 2 e 3.

Tabela 5.13: Resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca para o período 1998/99 a 2008/09, no subsector da agricultura de regadio público, nas UAG 1, 2 e 3.

Ano hidrológico	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend
1998-1999	0	0%	-2.221.618	54%	-506.681	10%
1999-2000	0	0%	-1.910.787	49%	0	0%
2000-2001	0	0%	0	0%	0	0%
2001-2002	0	0%	0	0%	0	0%
2002-2003	0	0%	0	0%	0	0%
2003-2004	0	0%	0	0%	0	0%
2004-2005	0	0%	-1.149.543	46%	-1.286.552	26%
2005-2006	0	0%	0	0%	-828.916	18%
2006-2007	0	0%	0	0%	0	0%
2007-2008	0	0%	0	0%	0	0%
2008-2009	0	0%	0	0%	0	0%

Da análise da Tabela 5.13, verifica-se que, no período de análise, os anos mais problemáticos correspondem aos anos de 1998/99, 1999/00 e 2004/05, na UAG 2. Na UAG 3, os anos mais problemáticos foram 2004/05 e 2005/06, verificando-se, ainda, uma quebra ligeira (10%) no ano de 1998/99. Tomando como base os resultados obtidos para 2005/06 e comparando com a Tabela 5.12, verifica-se que, na UAG 3, as quebras de produção e de rendimento quantificadas se devem a um baixo nível de armazenamento no início do ano hidrológico, fruto da situação de seca do ano anterior, bem como a um nível de afluências ligeiramente reduzido face a outros anos. Entretanto, na UAG 2, constata-se que as perdas de rendimento verificadas no ano de 1998/99, são superiores às quantificadas para 2004/05, sendo que tal parece justificado pelo facto de o nível de necessidades associadas à albufeira do Lucefecit, ser mais reduzido no ano de 2004/05 (Tabela 5.12).

No caso da UAG 1, verifica-se (Tabela 5.13) que não são apontados quaisquer impactos de seca no período em análise, tal como se pode comprovar pela Tabela 5.12, onde fica bem clara a capacidade da albufeira do Caia para satisfazer as necessidades de rega associadas.

Refira-se ainda que, no ano de 2008/09, não se verificam quaisquer impactos no regadio público, apesar de, nos outros subsectores agrícolas, resultarem importantes impactos. Isso significa que as disponibilidades existentes para rega, nas albufeiras públicas, foram suficientes para satisfazer as utilizações associadas. Saliente-se que, no caso do regadio público, ao contrário dos outros subsectores, a avaliação das disponibilidades tem por base apenas os volumes reais existentes em albufeira (até mesmo as afluências são corrigidas, por balanço mensal, com os volumes de captações considerados e os volumes reais existentes em albufeira), não entrando, nesse balanço, os dados de precipitação monitorizados para a região. Esta questão vem, assim, reforçar as dúvidas existentes em relação aos valores de precipitação monitorizados para a região em estudo, no ano de 2008/09, tal como já devidamente referido para o subsector do Sequeiro e discutido no ponto 4.2 de análise das variáveis instrumentais.

Por fim, considerando uma análise dos impactos reais verificados, neste subsector, no ano de 2004/05, destaca-se a informação apresentada na Tabela 3.17, do ponto 3.3.6, onde é

efectuado um resumo dos principais problemas verificados, nesse ano, nos principais aproveitamentos hidroagrícolas da bacia do Guadiana. Desde logo é possível verificar que apenas os aproveitamentos hidroagrícolas do Lucefecit (UAG 2) e da Vigia (UAG 3) apresentaram problemas na satisfação das utilizações para rega, nesse ano hidrológico. Além disso, é referida uma redução das áreas regadas no aproveitamento do Lucefecit, por limitação das disponibilidades existentes, sendo indicada uma redução da área do milho em cerca de 55%, face à área do ano anterior (2003/04). De igual forma, para o aproveitamento da Vigia, é referido que a redução da área afecta ao milho atingiu os 67 %, face ao ano anterior.

Assim, ao contrário do subsector do sequeiro, para o regadio público será possível efectuar uma comparação directa entre os valores reais de redução de áreas verificados nesse ano, nos aproveitamentos do Lucefecit e da Vigia, para a cultura do Milho, e os valores estimados com base na metodologia proposta. Para tal apresentam-se, na Tabela 5.14, os valores de redução de área, referentes às culturas anuais. Essa avaliação é efectuada, por um lado, por comparação das áreas obtidas pela metodologia em 2004/05, face as áreas reais de 2003/04. Por outro é feita uma avaliação da redução de áreas, em 2004/05, face à situação de referência, devidas à limitação de disponibilidades, sendo designada redução face à média dos 3 anos anteriores.

Tabela 5.14: Estimativas de redução de área das culturas anuais para o ano de 2004/05 nos aproveitamentos do Lucefecit e da Vigia, no ano de 2004/05

Áreas (ha)	Lucefecit (UAG 2)					Vigia (UAG 3)				
	Área estimada 2004/05	Área real 2003/04	Área (média dos 3 anos)	% redução face a 2003/04	% redução face à média dos 3 anos	Área estimada 2004/05	Área real 2003/04	Área (média dos 3 anos)	% redução face a 2003/04	% redução face à média dos 3 anos
Milho / cereais primavera	266,21	442,00	550,24	- 40%	- 52%	506,62	735,00	711,06	- 31%	- 29%
Girassol / Oleaginosas	0,00	0,00	0,00	0%	0%	66,80	92,00	93,76	0%	0%
Trigo/ Cereais Inverno	27,27	42,00	56,37	- 35%	- 52%	214,43	322,00	300,96	- 33%	- 29%
Tomate/ Hortícolas Industriais	5,34	0,00	11,05	-	-	0,00	0,00	0,00	0%	0%
Hortícolas Frescas	14,16	37,00	29,26	- 62%	- 52%	63,03	84,00	88,47	- 25%	- 29%

Da análise da Tabela 5.14, verifica-se, com base na metodologia proposta, que, para o ano de 2004/05, no aproveitamento do Lucefecit, a redução de área da cultura de milho corresponde a cerca de 40% da área real cultivada nesse aproveitamento, no ano hidrológico de 2003/04. Porém, se, em vez da área real, for considerada a área média dos 3 anos antecedentes para a cultura do milho, a redução corresponde aos 52%. No aproveitamento da Vigia, por sua vez, a redução da área de milho é de 30% face ao ano 2003/04 e de 31% face à média dos 3 anos anteriores.

Apesar de os valores de redução de área estimados pela presente metodologia (Tabela 5.14) serem inferiores às reduções de área verificadas na realidade, refira-se que, para simplificação da análise é assumida uma distribuição equitativa da redução de água disponível, por todas as culturas, o que pode não corresponder exactamente à distribuição assumida pelos agricultores em cada ano específico. Refira-se, ainda, que as variações, entre diferentes anos hidrológicos, de áreas destas culturas dependem não só de uma eventual limitação das

disponibilidades, mas também de tendências no mercado agrícola (em especial o preço de venda das culturas), bem como da atribuição ou cessação de eventuais incentivos à produção de determinadas culturas (sob a forma de subsídios ou outros instrumentos económicos).

Ainda assim, considera-se satisfatória a aproximação actualmente conseguida para estimativa das perdas deste subsector. Não obstante, a mesma deverá ser aferida, em desenvolvimentos futuros, com base em dados de redução de áreas regadas e afectação da produção de determinadas culturas, decorrentes de situações de seca.

Por fim, no que toca à escala de classificação considerada, admite-se que a mesma é adequada à frequência da ocorrência de impactos. Refira-se todavia que, por comparação com os resultados obtidos, para os mesmos anos, no subsector de sequeiro, verifica-se uma ausência de perdas de rendimento no subsector da agricultura de regadio público, na UAG 1, na área associada à albufeira do Caia. Não obstante, no caso específico do perímetro de rega do Lucefecit (UAG 2) os resultados obtidos no subsector do regadio público (em alguns anos mais gravosos do que o verificado no subsector de sequeiro, como por ex. 1998/99) resultam directamente da maior vulnerabilidade dessa albufeira à variação de afluências, resultado da reduzida capacidade de armazenamento, insuficiente face aos níveis de utilização, mas também do escoamento anual verificado, em especial em anos normais e húmidos. No caso da albufeira da Vigia (UAG 3), apesar de se verificarem impactos significativos de seca no subsector de regadio público, no período em análise, constata-se uma menor frequência de ocorrência dos mesmos, por comparação com o verificado no subsector de sequeiro, na UAG 3. Tal deve-se a um maior equilíbrio entre as necessidades associadas à albufeira da Vigia e a capacidade da mesma, face, por exemplo, ao verificado na albufeira do Lucefecit, mas apresentando ainda algumas limitações, estando bastante abaixo do nível de resiliência apresentado pela albufeira do Caia.

5.1.1.3 Agricultura de regadio privado

No regadio privado a quantificação de possíveis perdas, decorrentes de situações de seca, depende de três componentes distintas, de acordo com a origem de água utilizada: captações no Maciço Antigo Indiferenciado, em sistemas aquíferos, ou ainda a partir de pequenas albufeiras privadas. Como tal, antes de mais serão avaliadas, de forma específica, cada uma das componentes em causa.

Em relação às áreas regadas a partir de captações no MAI, a quantificação de disponibilidades, segundo o estipulado em 4.5.1, parte do pressuposto de satisfação das necessidades em situação de referência, e que a variação anual das disponibilidades corresponde à proporção directa da precipitação anual na região em apreço, com o correspondente valor de referência (somatório dos valores mensais do cenário P 50 mensal). Os resultados correspondentes são apresentados na Tabela 5.15. Tal como referido anteriormente, o ano de 2008/09 não será considerado correspondente a uma situação de seca, pelas dúvidas existentes em relação aos dados de precipitação monitorizados.

Face aos resultados apresentados na Tabela 5.15 é possível indicar que, nestas áreas, os anos com maiores problemas são 1998/99, 2004/05 e 2007/08. Por outro lado, deverão ser

destacados os anos de 2001/02 e 2002/03, que levam à verificação de problemas ligeiros nas UAG 1 e 2, no primeiro caso, e na UAG 2, no segundo.

Tabela 5.15: Disponibilidades e défices das áreas regadas a partir de captações no MAI, no período 1998/99 a 2008/09, nas 3 UAG.

Captações MAI	UAG 1			UAG 2			UAG 3		
	P (mm)	P/ P Ref	Défice (hm³/ ano)	P (mm)	P/ P Ref	Défice (hm³/ ano)	P (mm)	P/ P Ref	Défice (hm³/ ano)
Ref (mm)	483,75	1,00	-	492,25	1,00	-	450,53	1,00	-
1998-1999	357,45	0,74	4,16	341,31	0,69	2,14	352,56	0,78	3,60
1999-2000	594,74	1,23	0,00	539,97	1,10	0,00	455,63	1,01	0,00
2000-2001	970,17	2,01	0,00	945,05	1,92	0,00	843,06	1,87	0,00
2001-2002	463,60	0,96	0,67	469,48	0,95	0,32	564,89	1,25	0,00
2002-2003	525,47	1,09	0,00	453,04	0,92	0,56	464,49	1,03	0,00
2003-2004	550,04	1,14	0,00	533,55	1,08	0,00	467,97	1,04	0,00
2004-2005	299,83	0,62	6,05	301,96	0,61	2,69	249,18	0,55	7,38
2005-2006	559,84	1,16	0,00	553,72	1,12	0,00	504,29	1,12	0,00
2006-2007	665,85	1,38	0,00	571,39	1,16	0,00	536,37	1,19	0,00
2007-2008	477,57	0,99	0,21	467,50	0,95	0,35	415,93	0,92	1,27
2008-2009	289,54	0,60	6,38	322,37	0,65	2,40	303,01	0,67	5,40

Para as áreas servidas por captações em sistemas aquíferos a quantificação de disponibilidades tem por base o processo de modelação desenvolvido em 4.5.2 e assenta na avaliação de níveis piezométricos (NP) globais e na estimativa de recarga face à precipitação anual. No caso do aquífero Estremoz-Cano, a avaliação assenta, exclusivamente, na evolução dos NP globais, por comparação com os limiares de exploração definidos em 4.5.2. Para colmatação das falhas, porém, foram considerados os valores obtidos pelo modelo de simulação desenvolvido para este aquífero. A avaliação correspondente surge representada na Figura 5.2.

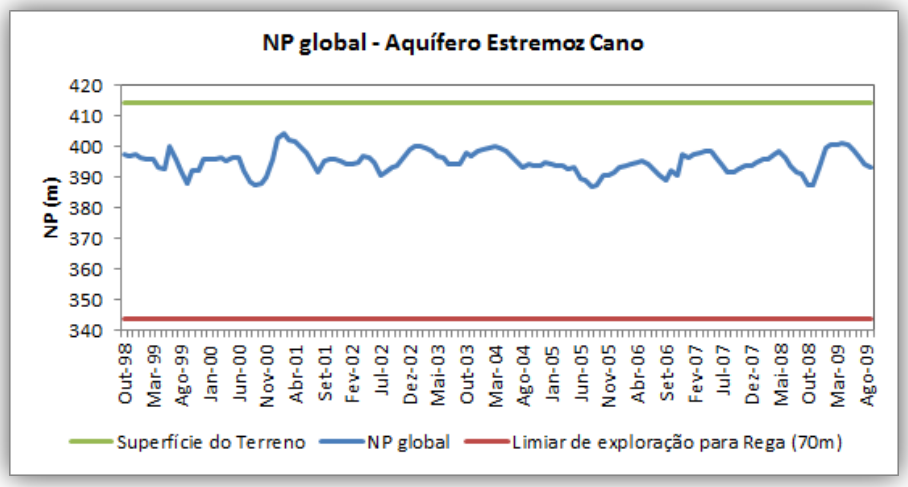


Figura 5.2: Evolução do nível piezométrico global do aquífero Estremoz-Cano (área do Guadiana) no período 1998/99-2008/09 e comparação com o limiar de exploração para a rega.

Os resultados finais são apresentados na Tabela 5.16, não se verificando qualquer problema nas áreas regadas na região em estudo a partir de captações nos sistemas aquíferos. Tal como anteriormente destacado[169], este resultado vem realçar a elevada capacidade dos sistemas aquíferos da região, face às necessidades que lhe estão associadas. Refira-se, no entanto, que, no caso específico do aquífero Estremoz-Cano, a inexistência de problemas para o regadio privado se deve à definição de um limiar de exploração para rega a uma profundidade de cerca de 70m, atendendo às características das captações para rega da região (Costa, 2008). No entanto o mesmo não se verifica em relação às captações para o abastecimento urbano, tal como será devidamente analisado no ponto 5.1.1.5.

Tabela 5.16: Disponibilidades e respectivas perdas das áreas regadas a partir de captações em sistemas aquíferos, no período 1998/99 a 2008/09, nas UAG 1 e 2

Captações em aquíferos	UAG 1						UAG 2		
	Aq. Elvas -Campo Maior			Aq. Elvas -Vila Boim			Aq. Estremoz-Cano		
Ano hid.	Disp (hm^3/ano)	Défice (hm^3/ano)	% Perdas	Disp (hm^3/ano)	Défice (hm^3/ano)	% Perdas	Disp (hm^3/ano)	Défice (hm^3/ano)	% Perdas
1998/99	83,26	0	0%	19,34	0	0%	-	0	0%
1999/00	83,37	0	0%	20,02	0	0%	-	0	0%
2000/01	86,35	0	0%	20,66	0	0%	-	0	0%
2001/02	82,29	0	0%	19,89	0	0%	-	0	0%
2002/03	83,63	0	0%	19,61	0	0%	-	0	0%
2003/04	83,29	0	0%	20,00	0	0%	-	0	0%
2004/05	80,54	0	0%	19,18	0	0%	-	0	0%
2005/06	83,13	0	0%	19,57	0	0%	-	0	0%
2006/07	82,93	0	0%	19,88	0	0%	-	0	0%
2007/08	81,57	0	0%	19,47	0	0%	-	0	0%
2008/09	78,32	0	0%	18,88	0	0%	-	0	0%

Por fim, em relação às áreas servidas por pequenas albufeiras, tal como descrito no ponto 4.5.3, foi efectuada a calibração de um modelo de simulação hidrológica (Temez) para simulação das afluências, de acordo com as características de estações hidrométricas existentes (Ponte Algalé para a UAG 1 e Amieira para as UAG 2 e 3). Para estimativa das disponibilidades associadas a este tipo de origens de água é necessário estimar as afluências (em mm), sendo considerados, como dados de *input*, as séries de precipitação mensal e de evapotranspiração de referência (ETo) das UAG respectivas. O escoamento de cada ano é comparado com o escoamento expectável caso se verificasse a situação de referência. Esses resultados e respectiva afectação (Esc anual / Esc ref) são apresentados na Tabela 5.17.

[169] Ver pontos 4.2.4 e 4.5.2.

Tabela 5.17: Resultados de escoamento anual (por aplicação do modelo de Temez) no período de análise (1998/99-2008/09) e comparação com respectiva precipitação anual e escoamento de referência (a cinza na primeira linha).

Afluências (Temez)	UAG 1			UAG 2				UAG 3	
	P (mm)	Esc (mm)	Esc/ Esc Ref	P (mm)	Esc (mm)	Esc/ Esc Ref	P (mm)	Esc (mm)	Esc/ Esc Ref
Ref (mm)	483,75	3,87	1,00	492,25	43,40	1,00	450,53	2,30	1,00
1998-1999	357,45	0,05	0,01	341,31	0,02	0,00	352,56	0,00	0,00
1999-2000	594,74	68,83	17,80	539,97	55,47	1,28	455,63	19,79	8,62
2000-2001	970,17	447,99	115,82	945,05	493,70	11,38	843,06	344,76	150,17
2001-2002	463,60	0,07	0,02	469,48	0,00	0,00	564,89	25,34	11,04
2002-2003	525,47	60,44	15,63	453,04	118,90	2,74	464,49	53,75	23,41
2003-2004	550,04	86,67	22,41	533,55	126,35	2,91	467,97	58,46	25,46
2004-2005	299,83	9,42	2,44	301,96	19,77	0,46	249,18	0,41	0,18
2005-2006	559,84	33,54	8,67	553,72	54,03	1,24	504,29	18,47	8,05
2006-2007	665,85	101,99	26,37	571,39	113,70	2,62	536,37	75,55	32,91
2007-2008	477,57	0,11	0,03	467,50	0,00	0,00	415,93	0,00	0,00
2008-2009	289,54	0,00	0,00	322,37	24,87	0,57	303,01	0,00	0,00

Por análise dos resultados da Tabela 5.17, é possível verificar, todavia, um comportamento pouco consistente do modelo de Temez, nomeadamente quando comparados os valores de escoamento obtidos por esse modelo, para os diferentes anos, com a respectiva precipitação anual. Embora não tenha de existir uma relação directa e estrita entre estes dois tipos de valores, suscita algumas dúvidas que o modelo simule valores de escoamento anual mais de duas vezes superiores ao escoamento de referência para anos em que a precipitação está bastante abaixo da situação de referência, como é o caso do ano 2004/05, na UAG 1. Além disso, na UAG 2, verifica-se que os anos de 2001/02 e de 2002/03, apesar de serem similares em termos de precipitação anual (ambos ligeiramente abaixo da situação de referência, mas com uma diferença de apenas 16mm), os valores de escoamento anual calculados pelo modelo de Temez resultam muito diferentes, com o ano de 2001/02 a corresponder a um escoamento nulo e, o ano de 2002/03, a um valor de escoamente quase três vezes acima do valor de escoamento de referência. Uma vez que, no processo de calibração descrito em 4.5.3, não foi detectado este comportamento anómalo do modelo de Temez, a razão para este problema poderá residir no facto de ter sido feita uma aplicação de modelos calibrados para bacias hidrográficas de estações hidrométricas específicas (Ponte Algalé e Amieira), a áreas mais vastas (UAG), com características de precipitação e de evapotranspiração distintas.

Porém, como também referido em 4.5.3, na avaliação considerada para quantificação das disponibilidades, não é necessária a simulação de valores mensais de escoamento, mas apenas de dados anuais. Assim, foi considerada a hipótese de esses valores serem representados pelas relações Precipitação anual – Escoamento anual, determinadas para as mesmas estações com valores elevados de R^2. Considerando as equações obtidas para a estação de Ponte Algalé, no caso da UAG 1, e para a estação de Amieira, no caso das UAG 2 e 3, os valores de escoamento anual (em mm), foram obtidos a partir das séries de precipitação

anual das UAG respectivas. O escoamento de referência foi, também neste caso, obtido a partir do cenário de P 50 mensal. Os resultados correspondentes são apresentados na Tabela 5.18.

Tabela 5.18: Resultados de escoamento anual (por aplicação das relações precipitação-escoamento) no período de análise (1998/99-2008/09) e comparação com respectiva precipitação anual e escoamento de referência (a cinza na primeira linha).

Afluências (equação)	UAG 1			UAG 2			UAG 3		
	P (mm)	Esc (mm)	Esc/ Esc Ref	P (mm)	Esc (mm)	Esc/ Esc Ref	P (mm)	Esc (mm)	Esc/ Esc Ref
Ref (mm)	483,75	30,71	1,00	492,25	61,21	1,00	450,53	37,72	1,00
1998-1999	357,45	0,29	0,01	341,31	0,00	0,00	352,56	0,00	0,00
1999-2000	594,74	83,78	2,73	539,97	92,29	1,51	455,63	40,46	1,07
2000-2001	970,17	445,94	14,52	945,05	539,50	8,81	843,06	395,99	10,50
2001-2002	463,60	23,72	0,77	469,48	47,99	0,78	564,89	110,33	2,92
2002-2003	525,47	47,77	1,56	453,04	39,09	0,64	464,49	45,23	1,20
2003-2004	550,04	59,45	1,94	533,55	87,85	1,44	467,97	47,15	1,25
2004-2005	299,83	0,00	0,00	301,96	0,00	0,00	249,18	0,00	0,00
2005-2006	559,84	64,44	2,10	553,72	102,09	1,67	504,29	68,62	1,82
2006-2007	665,85	130,74	4,26	571,39	115,24	1,88	536,37	89,78	2,38
2007-2008	477,57	28,48	0,93	467,50	46,89	0,77	415,93	20,98	0,56
2008-2009	289,54	0,00	0,00	322,37	0,00	0,00	303,01	0,00	0,00

Pela Tabela 5.18 é possível verificar que os valores de escoamento obtidos por este método, em situação de referência, são mais elevados do que os simulados pelo modelo de Temez (cerca de 10 vezes mais elevados para as UAG 1 e 3). Como os valores de escoamento anual resultam, em qualquer dos casos, de equações de segundo grau definidas em função dos valores de precipitação, verifica-se, obviamente, uma variação mais consistente do escoamento anual face às variações da precipitação. Por esse motivo, face a todas as considerações apresentadas nesta matéria (no presente ponto e em 4.5.3) e, não sendo possível melhorar a calibração do modelo de Temez, perante a falta de dados hidrológicos, foram consideradas as relações P anual - Esc anual para a estimativa das afluências às pequenas albufeiras de iniciativa privada.

Tomando por base esses dados e considerando a existência de um armazenamento interanual nestas albufeiras, tal como descrito em 4.5.3, é determinado o volume resultante do ano anterior (i-1) = volume do ano (i-2) + afluências (i-1) – necessidades associadas (i-1)), assumindo o pressuposto de que as albufeiras enchem sempre que o escoamento anual é igual ou superior ao do ano de referência. Segundo este procedimento, as disponibilidades nas pequenas albufeiras, no período de análise e nas três UAG, são representadas na Tabela 5.19.

Tabela 5.19: Disponibilidades nas pequenas albufeiras privadas no período em análise (1998/99 a 2008/09).

Disponibilidades	UAG 1			UAG 2			UAG 3		
	Disp (hm3/ano)	Défice (hm3/ano)	% Perdas	Disp (hm3/ano)	Défice (hm3/ano)	% Perdas	Disp (hm3/ano)	Défice (hm3/ano)	% Perdas
(hm3/ano)	Cap = 13,42	Nec = 9,72	-	Cap = 5,47	Nec = 3,88	-	Cap = 27,38	Nec = 12,77	-
1998/99	3,82	5,90	61%	1,59	2,29	59%	14,61	0	0%
1999/00	13,42	0	0%	5,47	0	0%	27,38	0	0%
2000/01	17,12	0	0%	7,06	0	0%	41,99	0	0%
2001/02	14,06	0	0%	5,88	0	0%	41,99	0	0%
2002/03	14,06	0	0%	3,90	0	0%	41,99	0	0%
2003/04	17,12	0	0%	5,47	0	0%	41,99	0	0%
2004/05	3,7	6,02	62%	1,59	2,29	59%	14,61	0	0%
2005/06	13,42	0	0%	5,47	0	0%	27,38	0	0%
2006/07	17,12	0	0%	7,06	0	0%	41,99	0	0%
2007/08	16,18	0	0%	5,80	0	0%	29,94	0	0%
2008/09	2,76	6,96	72%	0,33	3,55	91%	2,56	10,21	80%

Da análise da Tabela 5.19 é possível verificar que os anos mais afectados são 1998/99 e 2004/05, nas UAG 1 e 2. No caso do ano 2008/09, mantém-se o critério de não ser considerado representativo, face à dúvida em relação aos dados de monitorização da precipitação desse ano.

Por outro lado, importa referir que a UAG 3, dada a maior capacidade de armazenamento, ao nível das pequenas albufeiras, permite uma maior fiabilidade na satisfação das utilizações associadas, face às reduções de escoamento verificadas nas situações de seca. Não obstante, tal como referido em 4.3.2, estas necessidades foram estimadas por um processo aproximado, que deverá ser revisto quando estiverem disponíveis novos dados para a componente agrícola, nomeadamente resultantes do Recenseamento Agrícola 2009.

Conjugando os resultados das 3 componentes do regadio privado, de acordo com o tipo de origens de água, as perdas económicas para este subsector, no período de 1998/99 a 2008/09, nas 3 UAG, são apresentadas na Tabela 5.20.

Tabela 5.20: Resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca para o período 1998/99 a 2008/09, do subsector da agricultura de regadio privado, nas UAG 1, 2 e 3.

Ano hidrológico	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend
1998-1999	-6.753.818	23%	-3.171.784	23%	-3.520.472	9%
1999-2000	0	0%	0	0%	0	0%
2000-2001	0	0%	0	0%	0	0%
2001-2002	-583.378	2%	-164.416	1%	0	0%
2002-2003	0	0%	-494.719	4%	0	0%
2003-2004	0	0%	0	0%	0	0%
2004-2005	-8.199.459	28%	-3.627.238	26%	-6.372.408	16%
2005-2006	0	0%	0	0%	0	0%
2006-2007	0	0%	0	0%	0	0%
2007-2008	-163.595	1%	-178.732	1%	-781.077	2%
2008-2009	-8.964.162	31%	-4.460.886	32%	-10.690.229	27%

De acordo com a avaliação descrita para as diferentes componentes do regadio privado (Tabelas 5.15, 5.16 e 5.17), verifica-se que as capacidades de armazenamento das pequenas albufeiras, e dos sistemas aquíferos da região, permitem minimizar os impactos de seca verificados neste sector, por comparação com os impactos verificados no subsector do sequeiro, ou mesmo nas áreas de regadio privado, associadas às captações no MAI. Não considerando o ano de 2008/09, os maiores problemas verificam-se no ano de 2004/05, não tendo, ainda assim, excedido os 26% de afectação do rendimento do subsector na UAG 2, os 28% na UAG 1 e os 16% na UAG 3. Verificam-se, ainda, impactos importantes, neste subsector, para as 3 UAG, no ano de 1998/99 e mais ligeiros no ano 2007/08. Por fim, na UAG 1 verificam-se impactos ligeiros no ano de 2001/02 e na UAG 2, nos anos de 2001/02 e 2002/03.

Não existindo dados de impactos reais, específicos para este subsector, poderão, ainda assim, ser analisados os registos da seca 2004/05, nomeadamente no que se refere às quebras de produção de algumas culturas de regadio, indicadas na Tabela 3.15[170]. Segundo esses dados, as culturas de milho, girassol, tomate para indústria, olival (azeitona para azeite) e vinha sofreram quebras de 53, 89, 18, 26 e 22% respectivamente, face à produção de 2003/04.

Tal como no caso do subsector do sequeiro, estes valores não podem ser directamente comparados com os resultados obtidos pela presente metodologia, dado que se referem a toda a região administrativa do Alentejo, bastante mais vasta do que a região em estudo e não existem dados actualizados de áreas e ocupação cultural para uma avaliação mais rigorosa do regadio privado. Ainda assim, foi feita uma estimativa, com base na presente metodologia, da produção, nesse ano, das culturas indicadas. Para tal foi considerada a produção de regadio total, por UAG e para a globalidade da região em estudo, abrangendo as áreas de regadio privado, e também as de regadio público analisadas no ponto anterior (5.1.1.2). A análise de quebras de produção teve por base a comparação com a produção estimada para o ano anterior (2003/04) (Tabela 5.21), bem como com a situação de referência (Tabela 5.22), correspondente à consideração das áreas e ocupação cultural (média dos 3 anos antecedentes no caso do regadio público).

Tabela 5.21: Estimativa de quebras de produção (ton) de regadio total, no ano de 2004/05, face à produção de 2003/04, das culturas de regadio (milho, girassol, tomate para indústria, olival e vinha), por UAG e região em estudo.

Culturas	Produção 2003/04				Produção 2004/05				% Variação face a 2003/04			
	UAG 1	UAG 2	UAG 3	Total	UAG 1	UAG 2	UAG 3	Total	UAG 1	UAG 2	UAG 3	Total
Milho / cereais primavera	154.048	44.518	65.508	264.075	120.494	23.949	45.028	189.471	-22%	-46%	-31%	-28%
Girassol / Oleaginosas	2.201	361	2.609	5.172	1.513	181	1.657	3.351	-31%	-50%	-37%	-35%
Tomate/ Hortícolas Industriais	64.427	6.804	18.190	89.421	59.628	3.894	12.465	75.987	-7%	-43%	-31%	-15%
Olival	3.310	6.377	3.246	12.933	3.324	5.072	2.808	11.204	0%	-20%	-14%	-13%
Vinha Vinho	811	2.088	11.011	13.910	804	1.785	10.181	12.771	-1%	-15%	-8%	-8%

[170] Ver ponto 3.3.6.

Tabela 5.22: Estimativa de quebras de produção de regadio total (ton), no ano de 2004/05, face à produção em situação de referência, das culturas de regadio (milho, girassol, tomate para indústria, olival e vinha), por UAG e região em estudo.

Culturas	Produção Sit. Ref (2004/05)				Produção 2004/05				% Variação face à sit. de ref.			
	UAG 1	UAG 2	UAG 3	Total	UAG 1	UAG 2	UAG 3	Total	UAG 1	UAG 2	UAG 3	Total
Milho / cereais primavera	144.764	41.841	65.630	252.235	120.494	23.949	45.028	189.471	-17%	-43%	-31%	-25%
Girassol / Oleaginosas	1.997	336	2.562	4.894	1.513	181	1.657	3.351	-24%	-46%	-35%	-32%
Tomate/ Hortícolas Industriais	73.333	6.804	18.190	98.327	59.628	3.894	12.465	75.987	-19%	-43%	-31%	-23%
Olival	3.587	6.388	3.200	13.175	3.324	5.072	2.808	11.204	-7%	-21%	-12%	-15%
Vinha Vinho	860	2.161	11.088	14.109	804	1.785	10.181	12.771	-6%	-17%	-8%	-9%

Por análise comparativa das Tabelas 5.21 e 5.21 é possível verificar que os valores obtidos para as quebras de produção de regadio total do ano de 2004/05, face a 2003/04 e face à situação de referência, são bastante similares, realçando a existência de disponibilidades suficientes à produção, sem limitações, das culturas de regadio no ano de 2003/04. Ainda assim, as pequenas diferenças verificadas, entre os valores correspondentes das Tabelas 5.21 e 5.22, devem-se à modificação do padrão cultural considerado, no caso do regadio público, para os anos de 2003/04 (a ocupação cultural média dos anos 2000/01, 2001/02 e 2002/03) e de 2004/05 (a ocupação cultural média dos anos 2001/02, 2002/03 e 2003/04). Por outro lado, as maiores quebras de produção são verificadas para a UAG 2, sendo a UAG 1, aquela onde menos se fazem sentir as perdas de produção devidas à situação de seca, realçando, a importância da capacidade de armazenamento das principais origens de água, dessa área.

Os valores estimados de quebras de produção são inferiores aos apontados anteriormente para as perdas de produção reais nas culturas de regadio na região administrativa do Alentejo. Ainda assim, essa diferença é mais reduzida nas produções de tomate para a indústria, de olival e de vinha. Porém, tal como referido anteriormente, na falta de dados mais rigorosos: (i) de quebras de produção para a região em estudo, (ii) da ocupação cultural das áreas de regadio privado, nos diferentes anos, e respectiva distribuição segundo as distintas origens de água, (iii) de quantificação de disponibilidades reais nas diferentes origens de água, e (iv) de impactos na produção das diferentes culturas noutras situações de seca, considera-se que os resultados obtidos são satisfatórios. Não obstante, tal como destacado para os outros subsectores agrícolas, estes resultados deverão ser aferidos no futuro, assim que estiverem disponíveis mais e melhores dados, dos acima mencionados ((i) a (iv)).

Por fim, neste subsector, verifica-se (pelos resultados da Tabela 5.20) que a frequência de ocorrência de perdas de produção (ainda que pequenas), no período avaliado, é próxima da obtida para o subsector de sequeiro (em 10 anos avaliados verificam-se 4 anos com perdas na UAG 1, 5 anos na UAG 2, e 3 anos na UAG 3, similar ao obtido nas mesmas UAG para o sequeiro). Entretanto, as correspondentes perdas económicas do regadio privado, em termos relativos, acabam por ser mais reduzidas do que o verificado naquele subsector, mais vulnerável, o que, em 1ª análise, seria já expectável face à capacidade de armazenamento das albufeiras privadas e face à ausência de problemas, para o sector agrícola, na captação de água a partir de sistemas aquíferos. Por esse motivo considera-se que a escala de classificação de severidade adoptada é, igualmente, adequada para o subsector do regadio privado.

5.1.1.4 Avaliação global do sector agrícola

Além da avaliação apresentada, de forma individualizada, para cada subsector agrícola, poderá, ainda, ser feita uma agregação de todas as perdas verificadas nesses subsectores e obtida uma avaliação global do sector agrícola. Obviamente, neste caso, as perdas serão comparadas com o rendimento global expectável para todo o sector (somatório, por UAG, dos rendimentos expectáveis, em situação de referência, para os diferentes subsectores).

Os valores correspondentes para o período de 1998/99 a 2008/09 encontram-se resumidos na Tabela 5.23, sendo igualmente classificados de acordo com os níveis de severidade definidos em 4.6.1, na Tabela 4.111.

Tabela 5.23: Resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca para o período 1998/99 a 2008/09, no sector agrícola, nas UAG 1, 2 e 3.

Ano hidrológico	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend
1998-1999	-7.713.318	13,5%	-5.393.401	23,2%	-4.673.970	7,7%
1999-2000	0	0,0%	-1.910.787	8,3%	-160.169	0,3%
2000-2001	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
2001-2002	-583.378	1,0%	-164.416	0,7%	0	0,0%
2002-2003	0	0,0%	-1.666.171	7,7%	0	0,0%
2003-2004	-951.891	1,7%	-1.386.915	6,4%	-4.074.191	6,7%
2004-2005	-16.465.488	28,7%	-9.086.215	42,1%	-19.072.598	31,3%
2005-2006	0	0,0%	0	0,0%	-828.916	1,4%
2006-2007	-253.476	0,4%	-1.610.972	7,4%	-746.219	1,2%
2007-2008	-163.595	0,3%	-178.732	0,8%	-781.077	1,3%
2008-2009	-13.610.577	20,9%	-6.313.958	28,5%	-15.956.184	27,1%

Assim, tal como nos diferentes subsectores analisados, verifica-se que ao ano de 2004/05 correspondem os impactos socioeconómicos mais significativos para o sector agrícola, nas diferentes UAG, atingindo um valor máximo, no período em análise, de cerca de 42 % de afectação do rendimento global do sector na UAG 2. Além disso, nas 3 UAG, verificam-se impactos com alguma importância nos anos de 1998/99 (devidos aos subsectores de regadio público e privado) de 2003/04 (devido a problemas no sequeiro). Ao nível das UAG salientam-se, ainda, na UAG 2, os anos de 1999/00 (devido ao regadio público), e de 2002/03, de 2003/04 e 2006/07 (devido ao subsector do sequeiro). Na UAG 3, salienta-se, ainda, o ano de 2003/04 (igualmente por problemas na agricultura de sequeiro). Por outro lado, o ano de 2008/09 não deverá ser considerado representativo, tal como apontado anteriormente.

Em relação à classificação de severidade dos impactos de seca é possível verificar a ocorrência de uma situação de seca ligeira na UAG 1 e uma situação de seca moderada na UAG 3 (correspondente, em ambos os casos, ao ano de 2004/05), enquanto a UAG 2 acaba por ser a mais afectada, verificando-se uma situação de seca severa e uma situação de seca moderada. Resulta igualmente evidente que os valores relativos das perdas, face ao rendimento global de todo o sector agrícola, são inferiores aos resultados correspondentes dos diferentes subsectores. Tomando como exemplo o ano de 2004/05, verifica-se que as perdas, superiores a 60%

verificadas no sequeiro, são compensadas por valores bastante mais reduzidos nos subsectores de regadio público e privado, realçando a importância da existência de um armazenamento intra e interanual para fazer face a deficiências de disponibilidades causadas por uma redução acentuada dos níveis de precipitação. Ainda assim, tal como indicado para os subsectores, esta classificação deverá ser aferida com novos dados de impactos reais que venham a ocorrer para futuro.

5.1.1.5 Abastecimento urbano

No que diz respeito ao sector do abastecimento urbano, os resultados obtidos para o período de 1998/99 a 2008/09 encontram-se sistematizados na Tabela 5.24. Os mesmos foram obtidos segundo a metodologia de quantificação de custos acrescidos na colmatação de volumes em falha, descrita em 4.3.3, e são classificados de acordo com a Tabela 4.112.

Tabela 5.24: Resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca para o período 1998/99 a 2008/09, no sector do abastecimento urbano, nas UAG 1, 2 e 3.

Ano hidrológico	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	€	% Custos	€	% Custos	€	% Custos
1998-1999	- 650	0,0%	0	0,0%	- 138.600	3,3%
1999-2000	0	0,0%	- 42.770	3,4%	0	0,0%
2000-2001	0	0,0%	- 34.190	2,7%	0	0,0%
2001-2002	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
2002-2003	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
2003-2004	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
2004-2005	- 198.220	6,9%	- 160.680	12,8%	- 289.180	6,8%
2005-2006	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
2006-2007	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
2007-2008	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
2008-2009	- 113.150	3,9%	- 70.200	5,6%	- 58.870	1,2%

De acordo com esses resultados é possível verificar que os maiores problemas, neste sector, ocorreram no ano 2004/05. Não obstante, em relação a 2008/09, como não são conhecidos quaisquer impactos neste sector, foi considerado que os resultados obtidos para esse ano não corresponderão a afectações realistas.

Para verificação dos resultados obtidos, deverá efectuar-se uma análise das disponibilidades reais, no período de avaliação de 1998/99 a 2008/09, para as principais origens de água da região em estudo. Os respectivos resultados de balanço entre necessidades-disponibilidades encontram-se sistematizados por origem de água e por UAG nas Tabelas 5.25 a 5.27, sendo salientados (a cor) os anos hidrológicos em que se verifica a ocorrência de valores abaixo da situação de referência (Tabela 5.25), ou que se verifique mesmo a ocorrência de défice (Tabela 5.26).

Tabela 5.25: Afectação das disponibilidades, para o A.Urbano, nas captações do MAI, no período 1998/99 a 2008/09, nas 3 UAG.

Captações MAI	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	P (mm)	P/ P Ref	P (mm)	P/ P Ref	P (mm)	P/ P Ref
Ref (mm)	483,75	1,00	492,25	1,00	450,53	1,00
1998-1999	357,45	0,74	341,31	0,69	352,56	0,78
1999-2000	594,74	1,23	539,97	1,10	455,63	1,01
2000-2001	970,17	2,01	945,05	1,92	843,06	1,87
2001-2002	463,60	0,96	469,48	0,95	564,89	1,25
2002-2003	525,47	1,09	453,04	0,92	464,49	1,03
2003-2004	550,04	1,14	533,55	1,08	467,97	1,04
2004-2005	299,83	0,62	301,96	0,61	249,18	0,55
2005-2006	559,84	1,16	553,72	1,12	504,29	1,12
2006-2007	665,85	1,38	571,39	1,16	536,37	1,19
2007-2008	477,57	0,99	467,50	0,95	415,93	0,92
2008-2009	289,54	0,60	322,37	0,65	303,01	0,67

Tabela 5.26: Disponibilidades, para o A.Urbano, nas captações em sistemas aquíferos, no período 1998/99 a 2008/09, nas 3 UAG.

Captações em sistemas aquíferos	UAG 1			UAG 2		
	Aq. Elvas -Vila Boim			Aq. Estremoz-Cano		
Ano hid.	Disp (hm^3/ano)	Défice (hm^3/ano)	% Consumos	Disp (hm^3/ano)	Défice (hm^3/ano)	% Consumos
1998/99	19,57	0	0%	-	0,000	0%
1999/00	20,24	0	0%	-	0,007	0%
2000/01	20,89	0	0%	-	0,005	0%
2001/02	20,12	0	0%	-	0,000	0%
2002/03	19,83	0	0%	-	0,000	0%
2003/04	20,23	0	0%	-	0,000	0%
2004/05	19,41	0	0%	-	0,024	1%
2005/06	19,80	0	0%	-	0,000	0%
2006/07	20,11	0	0%	-	0,000	0%
2007/08	19,70	0	0%	-	0,000	0%
2008/09	19,11	0	0%	-	0,007	0%

Refira-se, ainda, que, no caso do sistema aquífero Estremoz-Cano, a avaliação da ocorrência de défices para o abastecimento urbano foi efectuada com base numa comparação do nível piezométrico global com os limiares de exploração definidos, em 4.5.2.4, especificamente para este sector (a partir dos 26m de profundidade), tal como representado na Figura 5.3.

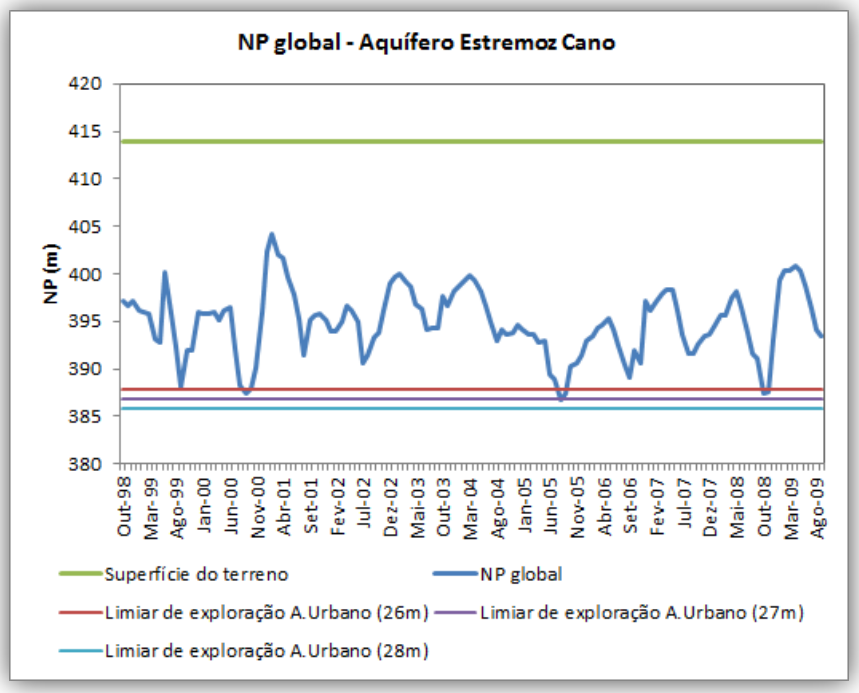


Figura 5.3: Evolução do nível piezométrico global do aquífero Estremoz-Cano (área do Guadiana) no período 1998/99 a 2008/09 e comparação com os limiares de exploração considerados para o abastecimento urbano (26, 27 e 28m) neste sistema aquífero.

Tabela 5.27: Disponibilidades, para o A.Urbano, nas albufeiras públicas, no período 1998/99 a 2008/09, nas 3 UAG.

Disponibilidades	UAG 1				UAG 3							
	Caia				Vigia				Monte Novo			
	Disp (hm3/ano)	Cap útil Out (hm3)	Afluências corrigidas (hm3)	Défice (hm3)	Disp (hm3/ano)	Cap útil Out (hm3)	Afluências corrigidas (hm3)	Défice (hm3)	Disp (hm3/ano)	Cap útil Out (hm3)	Afluências corrigidas (hm3)	Défice (hm3)
1998/99	109,47	59%	5,17	0	9,14	54%	1,94	0	9,87	78%	3,17	0
1999/00	67,34	33%	9,34	0	8,59	20%	7,28	0	16,42	57%	14,67	0
2000/01	171,03	15%	222,34	0	15,29	35%	13,84	0	13,54	76%	9,96	0
2001/02	126,06	67%	8,64	0	12,72	60%	7,39	0	15,23	73%	11,91	0
2002/03	145,73	42%	75,91	0	13,74	51%	10,30	0	13,92	76%	9,81	0
2003/04	160,01	52%	72,74	0	13,73	52%	9,59	0	13,31	73%	9,64	0
2004/05	107,53	59%	2,87	0	6,34	48%	0,54	0	9,14	72%	2,54	0
2005/06	88,66	34%	30,67	0	6,45	19%	5,40	0	12,37	38%	11,52	0
2006/07	144,18	33%	92,35	0	10,91	20%	10,20	0	17,89	80%	12,93	0
2007/08	116,65	58%	14,85	0	8,71	45%	3,77	0	11,52	75%	5,81	0
2008/09	92,64	41%	22,57	0	6,23	19%	4,87	0	10,74	49%	7,48	0

Face aos resultados apresentados nas Tabelas 5.25 a 5.27, confirma-se que as origens de água mais vulneráveis correspondem às captações dependentes da área indiferenciada do Maciço Antigo (MAI). Como tal, nos casos dos sistemas autónomos que são apenas dependentes deste tipo de captações, o abastecimento urbano será especialmente vulnerável a situações de seca. No entanto, muitas destas captações estão também associadas a furos de recurso, ou estão inseridas em sistemas integrados, associados a origens alternativas com maior capacidade de armazenamento. Assim, a relação entre a afectação das disponibilidades na área indiferenciada do Maciço Antigo (MAI) e a verificação de impactos no sector do abastecimento urbano não é directa. De facto, será necessário atender ao esquema de funcionamento dos sistemas, tal como apontado em 4.3.3, pelo que as disponibilidades acrescidas proporcionadas pelos furos de recurso ou pelas origens de água alternativas, poderão ser suficientes para colmatar os défices de volumes em causa. Além disso, de acordo com o definido em 4.3.3, foi considerada uma diminuição extraordinária dos consumos estimados para este sector (5%), em situação de seca, admitindo-se uma maior consciencialização da população para a poupança e uso eficiente da água, nesses períodos.

Por outro lado, verifica-se a ocorrência de défice nos sistemas de abastecimento dependentes do aquífero Estremoz-Cano, em especial no ano de 2004/05, devido à descida dos níveis piezométricos desse aquífero. De facto, tal como é descrito em 4.2.4 e em 4.5.2, existem algumas referências que salientam a vulnerabilidade, em especial em situações de seca mais prolongadas, das captações para abastecimento urbano existentes neste sistema aquífero, fruto da sua reduzida profundidade, entre os 20 e os 40 metros de profundidade. Além disso, existem registos (ponto 3.3.6 e Anexo 1) de que, na situação de seca de 2004/05, os concelhos dependentes desse sistema aquífero (Borba, Vila Viçosa e Alandroal) sofreram alguns impactos relevantes. Não tendo sido possível, porém, aferir a profundidade exacta das captações existentes neste sistema aquífero, e, por consequência, a relação entre essas profundidades e os níveis piezométricos globais obtidos, nesse ano, para o sistema aquífero, considerou-se a definição de limiares de exploração, segundo o procedimento descrito em 4.5.2. Assim, o valor de défice apresentado na Tabela 5.27 corresponde ao somatório de 10% do volume mensal de Agosto de 2005 e de 5% do volume correspondente ao mês de Setembro de 2005. Por outro lado, verifica-se que a consideração do 1º limiar de exploração aos 26m de profundidade, correspondente à indicação do início dos problemas, resulta na quantificação de alguns impactos de seca em anos como 1999/00 e 2000/01, devido aos reduzidos níveis piezométricos do aquífero Estremoz-Cano verificados nesses anos (Figura 5.3). Apesar de não serem conhecidos quaisquer registos de impactos para esses anos nos concelhos servidos por este aquífero, considera-se, no entanto, que a definição desse limiar, apesar de conservativa, é adequada à antecipação de potenciais problemas, atendendo às variações de níveis piezométricos verificadas e à profundidade apontada para as captações existentes para o sector do abastecimento urbano. Além disso, verifica-se que os resultados finais desses anos (Tabela 5.24), na UAG 2, surgem enquadrados na classe de severidade normal a seca ligeira (até 5% de custos acrescidos face aos custos totais), o que pode ser considerado razoável.

Por outro lado, verifica-se a total ausência de problemas, no período analisado, dos sistemas dependentes do sistema aquífero Elvas-Vila Boim e das principais albufeiras públicas existentes. Refira-se, porém, que, no caso da albufeira da Vigia, apesar de ser quantificada uma

redução significativa das disponibilidades para o subsector do regadio público, não se verificam quaisquer problemas para o abastecimento urbano, por ter sido admitida prioridade legal, para este último sector. Essa prioridade será aplicada, de forma idêntica, às demais albufeiras de fins múltiplos, sempre que as disponibilidades não sejam suficientes à satisfação de todas as utilizações associadas.

Por fim, a avaliação de eventuais problemas em situação de seca deverá passar por uma avaliação, por concelho e tipo de sistema de abastecimento, do balanço entre as disponibilidades existentes e as necessidades associadas aos diferentes sistemas, tendo em vista a quantificação de possíveis défices. Os correspondentes impactos económicos são, então, quantificados, de acordo com o definido em 4.3.3, segundo as necessidades de abastecimento por autotanque e, se necessário, pela execução de novos furos. Apresentam-se, assim, na Tabela 5.28, os resultados da avaliação do sector do abastecimento urbano (défices, custos de abastecimento por autotanque, custos de execução de novos furos) para o ano 2004/05, por concelho, tipo de origem e sistema de abastecimento, segundo a UAG respectiva.

Importa realçar que, apesar de serem quantificados custos de abastecimento por autotanque, para colmatação dos volumes em défice estimados, tal não significa que esse tipo de abastecimento seja efectivamente o necessário, ou o adoptado, nos sistemas em causa. Todavia, pretende-se, com o valor dessa parcela, uma aproximação do custo das medidas que deverão ser adoptadas, numa fase inicial, para minimização dos problemas e colmatação de falhas nos sistemas mais vulneráveis. O abastecimento por autotanque poderá, assim, ser entendido como um limite superior dos possíveis custos nessa fase, i.e. quanto custaria ter de recorrer a essa medida para colmatar todo e qualquer volume em défice quantificado.

Não obstante, a partir de um determinado nível de volumes em défice (superior a 4.800 m^3/mês, ou a 14.400 m^3/ano), justificar-se-á a adopção de outro tipo de medidas (estruturais, de minimização da vulnerabilidade dos sistemas), tais como a execução de novos furos. Como tal, as situações em que é quantificada a parcela adicional, prevista na metodologia proposta, correspondente à estimativa de custos de execução de novos furos, serão indicativas dos sistemas com impactos de seca mais significativos.

Assim, por análise da Tabela 5.28, verifica-se que, de facto, os sistemas mais afectados, no ano de 2004/05, correspondem aos sistemas autónomos dependentes, em exclusivo, de captações no MAI, bem como aos sistemas (autónomos ou integrados) dependentes do sistema aquífero Estremoz-Cano. Por esse motivo, no ano de 2004/05, verifica-se uma afectação das UAG 1, 2 e 3, sendo os principais concelhos afectados, na região em estudo, e apontados segundo esta metodologia: Portalegre, Arronches, Elvas, Borba, Vila Viçosa, Alandroal, Estremoz, Mourão e Moura. Verifica-se, ainda, que, pela metodologia proposta, o défice quantificado nos concelhos de Arronches e Mourão leva à consideração da execução de novos furos, além do abastecimento por autotanque.

Tabela 5.28: Resultados da avaliação do abastecimento urbano por sistema (2004/05)

UAG	Concelho	Origem	Sistema	Consumos (m^3/ ano)	Volume em défice (m^3/ano)	Custo autotanque(€)	Custo novos furos (€)
UAG 1	Portalegre	Apartadura (Tejo)	S.I. (Apartadura, MAI)	432.091,04	0	0	0
		MAI	S.I. (Apartadura, MAI)	197.049,60	34.536	0	0
			S.A. (MAI)	111.169,20	10.872	70.720	0
			Total	**740.309,84**	**45.408**	**70.720**	**0**
	Arronches	MAI	S.A. (MAI)	209.406,00	28.977	93.600	30.000
			Total	**209.406,00**	**28.977**	**93.600**	**30.000**
	Campo Maior	Caia	S.I. (Caia, MAI)	869.029,18	0	0	0
		MAI	S.I. (Caia, MAI)	829.348,80	152.313	0	0
			Total	**1.698.377,98**	**152.313**	**0**	**0**
	Elvas	Caia	S.I. (Caia, Aq. E-VB, MAI)	1.663.018,38	0	0	0
		Aq. Elvas-Vila Boim	S.I. (Caia, Aq. E-VB, MAI)	274.622,40	0	0	0
			S.A. (Aq. E-VB)	453,60	0	0	0
		MAI	S.I. (Caia, Aq. E-VB, MAI)	274.622,40	48.132	0	0
			S.A. (MAI)	3.420,00	599	3.900	0
		Aq. Elvas-Campo Maior	S.A. (Aq. E-CM)	3.747,60	0	0	0
			Total	**2.219.884,38**	**48.732**	**3.900**	**0**
UAG 2	Elvas	MAI	S.I. (Caia, Aq. E-VB, MAI)	45.770,40	8.386	0	0
			Total	**45.770,40**	**8.386**	**0**	**0**
	Borba	Aq. Estremoz-Cano	S.A. (Aq. E-C)	909.763,68	11.051	71.890	0
			Total	**909.763,68**	**11.051**	**71.890**	**0**
	Vila Viçosa	Aq. Estremoz-Cano	S.I. (Aq. E-C, MAI)	524.101,20	6.366	41.470	0
		MAI	S.I. (Aq. E-C, MAI)	s/d	0	0	0
			Total	**524.101,20**	**6.366**	**41.470**	**0**
	Alandroal	Aq. Estremoz-Cano	S.I. (Aq. E-C, MAI)	575.751,00	6.994	45.500	0
		MAI	S.A. (MAI)	9.021,00	269	1.820	0
			Total	**584.772,00**	**7.263**	**47.320**	**0**
	Redondo	MAI	S.I. (Vigia, MAI)	18.998,40	3.481	0	0
			Total	**18.998,40**	**3.481**	**0**	**0**
UAG 3	Redondo	Vigia	S.I. (Vigia, MAI)	648.648,00	0	0	0
			Total	**648.648,00**	**0**	**0**	**0**
	Estremoz	MAI	S.A. (MAI)	5.000,40	1.293	8.450	0
			Total	**5.000,40**	**1.293**	**8.450**	**0**
	Alandroal	MAI	S.I. (Aq. E-C, MAI)	21.928,00	5.668	36.920	0
			Total	**21.928,00**	**5.668**	**36.920**	**0**
	Évora	Monte Novo	S.I. (Monte Novo, MAI)	2.201.929,60	0	0	0
		MAI	S.I. (Monte Novo, MAI)	222.595,20	0	0	0
			S.A. (MAI)	157.412,40	0	0	0
			Total	**2.581.937,20**	**0**	**0**	**0**
	Reg. Monsaraz	Vigia	S.I. (Vigia, MAI)	1.014.552,00	0	0	0
		MAI	S.I. (Vigia, MAI)	14.515,20	3.752	0	0
		Monte Novo	S.I. (Monte Novo, MAI)	-	-	-	-
			Total	**1.029.067,20**	**3.752**	**0**	**0**
	Mourão	MAI	S.A. (MAI)	556.218,00	220.702	93.600	135.000
			S.I. (Monte Novo, MAI)	-	-	-	-
		Monte Novo	S.I. (Monte Novo, MAI)	-	-	-	-
			Total	**556.218,00**	**220.702**	**93.600**	**135.000**
	Moura	MAI	S.A. (MAI)	9.000,00	2.326	15.210	0
			Total	**9.000,00**	**2.326**	**15.210**	**0**
	Portel	Alvito (Sado)	S.I. (Alvito, MAI)	257.644,59	0	0	0
		MAI	S.I. (Alvito, MAI)	177.624,00	21.348	0	0
			Total	**435.268,59**	**21.348**	**0**	**0**

Comparando os resultados da Tabela 5.28 com os registos reais verificados (ponto 3.3.6 e Anexo 1), confirma-se que, em todos os concelhos anteriormente apontados, foram adoptadas medidas de nível 3 ou 4 (RCM nº 83/2005), consideradas representativas dos impactos mais significativos. Inclusive, confirma-se terem sido efectuados novos furos nos concelhos de Arronches e de Mourão, tal como apontado pela presente metodologia.

Não obstante, no concelho de Campo Maior, para o qual, na Tabela 5.28, não são quantificados impactos de seca nesse ano, verifica-se que foram efectivamente adoptadas medidas de mitigação de nível 3, atendendo aos dados da Tabela 3.19, do ponto 3.3.6.2. De facto, analisando os impactos específicos desse concelho, bem como o registo de medidas adoptadas (Anexo 1) verifica-se que, destas últimas, a única correspondente ao nível de intervenção 3 foi a requalificação de furos, não tendo, no entanto, sido indicados especiais impactos de seca nesse concelho, nos relatórios de acompanhamento da seca de 2005 (CPS, 2005)[171]. De igual forma, no concelho do Alandroal, não chega a ser prevista pela metodologia a execução de novos furos, apesar de, na realidade, se ter verificado a execução de 2 novas captações nesse concelho, na área da UAG 3 (Anexo 1). Não obstante, analisando o valor de défice de todo esse concelho (em conjunto da área da UAG 2 e UAG 3) verifica-se que terá sido atingido um valor de quase 13.000 m^3, nesse ano, ficando perto do limite considerado como passível de abastecimento por autotanque (14.400m^3/ano) e que se admitiu como limiar justificativo da execução de novas captações.

Perante estes resultados julga-se que as margens de segurança admitidas nos sistemas de abastecimento (quer pela entrada em funcionamento dos furos de recurso, quer pela margem de 20%, face aos consumos verificados em ano normal) poderão ser consideradas razoáveis. De igual forma, não havendo estimativas dos impactos económicos globais verificados nestes concelhos, no sector do abastecimento urbano, considera-se que, face aos valores investidos em concelhos da área, na execução de infra-estruturas (apontados no ponto 4.3.3, na Tabela 4.57), a ordem de grandeza dos valores obtidos poderá, também, ser considerada satisfatória.

Por outro lado, relembre-se que a configuração dos sistemas em 2004/05 correspondia, ainda, ao identificado para 2002 (Figuras 4.44 a 4.46), com vários sistemas autónomos na UAG 3, nos concelhos de Évora e Mourão, apenas dependentes de captações no MAI. Todavia, de acordo com o apontado em 4.3.3, os sistemas de abastecimento nessa área sofreram, posteriormente, alterações significativas, através de ligações à albufeira de Monte Novo (tal como demonstrado na Figura 4.47, do ponto 4.3.3.1, abrangendo os sistemas autónomos de Évora, Mourão e, também, o sistema integrado de Reguengos de Monsaraz. Além disso, verifica-se alguma redução (em 2008) dos consumos associados aos diferentes sistemas (Tabelas 4.52 a 4.54). Por esse motivo, mesmo não sendo considerado significativo, o ano de 2008/09 foi alvo de uma análise mais detalhada, pois a configuração dos sistemas nesse ano já era correspondente à situação actual e, segundo os valores da Tabela 5.25, a precipitação quantificada, para esse ano, na região em estudo, é próxima da ocorrida em 2004/05.

Assim, considerando, para o ano de 2008/09, uma avaliação ao nível dos sistemas existentes, tal como efectuado para o ano de 2004/05, apresentam-se na Tabela 5.29, os resultados correspondentes.

[171] Ver também a Tabela 3.18, no ponto 3.3.6.

Tabela 5.29: Resultados da avaliação do abastecimento urbano por sistema (2008/09)

UAG	Concelho	Origem	Sistema	Consumos (m^3/ ano)	Volume em défice (m^3/ano)	Custo autotanque(€)	Custo novos furos (€)
UAG 1	Portalegre	Apartadura (Tejo)	S.I. (Apartadura, MAI)	883.539,38	0	0	0
		MAI	S.I. (Apartadura, MAI)	1.800,00	0	0	0
			S.A. (MAI)	164.108,00	33.126	93.600	15.000
			Total	**1.049.447,38**	**33.126**	**93.600**	**15.000**
	Arronches	MAI	S.A. (MAI)	158.612,00	0	0	0
			Total	**158.612,00**	**0**	**0**	**0**
	Campo Maior	Caia	S.I. (Caia, MAI)	865.923,66	0	0	0
		MAI	S.I. (Caia, MAI)	47.850,00	0	0	0
			Total	**913.773,66**	**0**	**0**	**0**
	Elvas	Caia	S.I. (Caia, Aq. E-VB, MAI)	1.657.075,50	0	0	0
		Aq. Elvas-Vila Boim	S.I. (Caia, Aq. E-VB, MAI)	223.926,00	0	0	0
			S.A. (Aq. E-VB)	456,00	0	0	0
		MAI	S.I. (Caia, Aq. E-VB, MAI)	186.605,00	0	0	0
			S.A. (MAI)	3.420,00	690	4.550	0
		Aq. Elvas-Campo Maior	S.A. (Aq. E-CM)	3.576,00	0	0	0
			Total	**2.075.058,50**	**690**	**4.550**	**0**
UAG 2	Elvas	MAI	S.I. (Caia, Aq. E-VB, MAI)	37.321,00	0	0	0
			Total	**37.321,00**	**0**	**0**	**0**
	Borba	Aq. Estremoz-Cano	S.A. (Aq. E-C)	663.943,00	4.545	29.640	0
			Total	**663.943,00**	**4.545**	**29.640**	**0**
	Vila Viçosa	Aq. Estremoz-Cano	S.I. (Aq. E-C, MAI)	518.035,80	2619	17.030	0
		MAI	S.I. (Aq. E-C, MAI)	s/d	0	0	0
			Total	**518.035,80**	**2.619**	**17.030**	**0**
	Alandroal	Aq. Estremoz-Cano	S.I. (Aq. E-C, MAI)	526.068,00	2.877	18.720	0
		MAI	S.A. (MAI)	10.091,00	725	4.810	0
			Total	**536.159,00**	**3.601**	**23.530**	**0**
	Redondo	MAI	S.I. (Vigia, MAI)	15.633,60	0	0	0
			Total	**15.633,60**	**0**	**0**	**0**
UAG 3	Redondo	Vigia	S.I. (Vigia, MAI)	218.025,60	0	0	0
			Total	**218.025,60**	**0**	**0**	**0**
	Estremoz	MAI	S.A. (MAI)	15.288,00	4.239	27.560	0
			Total	**15.288,00**	**4.239**	**27.560**	**0**
	Alandroal	MAI	S.I. (Aq. E-C, MAI)	6.093,00	0	0	0
			Total	**6.093,00**	**0**	**0**	**0**
	Évora	Monte Novo	S.I. (Monte Novo, MAI)	2.334.169,71	0	0	0
		MAI	S.I. (Monte Novo, MAI)	159.050,00	0	0	0
			S.A. (MAI)	-	-	-	-
			Total	**2.493.219,71**	**0**	**0**	**0**
	Reg. Monsaraz	Vigia	S.I. (Vigia, MAI)	341.014,40	0	0	0
		MAI	S.I. (Vigia, MAI)	831.431,49	90.712	0	0
		Monte Novo	S.I. (Monte Novo, MAI)	1.022.761,80	0	0	0
			Total	**2.195.207,69**	**90.712**	**0**	**0**
	Mourão	MAI	S.A. (MAI)	70.255,00	3.727	24.310	0
			S.I. (Monte Novo, MAI)	205.087,00	22.376	0	0
		Monte Novo	S.I. (Monte Novo, MAI)	170.460,30	0	0	0
			Total	**445.802,30**	**26.102**	**24.310**	**0**
	Moura	MAI	S.A. (MAI)	7.716,00	0	0	0
			Total	**7.716,00**	**0**	**0**	**0**
	Portel	Alvito (Sado)	S.I. (Alvito, MAI)	325.709,80	0	0	0
		MAI	S.I. (Alvito, MAI)	215.517,00	0	0	0
			Total	**541.226,80**	**0**	**0**	**0**

Por análise comparativa das Tabelas 5,28 e 5.29, verifica-se, em 2008/09, uma redução considerável dos impactos de seca nos diferentes concelhos, face ao apontado para 2004/05. Em especial, salienta-se a grande redução no impacto económico verificado no concelho de Mourão, fruto da ligação de um dos mais importantes sistemas autónomos desse concelho à albufeira de Monte Novo. Esta alteração dos sistemas, em conjunto com a redução de consumos associados aos sistemas mais vulneráveis, como o verificado no concelho de Arronches, veio minimizar a vulnerabilidade deste tipo de sistemas face a uma situação de seca que possa vir a ocorrer na região em estudo. Saliente-se, todavia, como excepção, o caso dos sistemas autónomos do concelho de Portalegre, nos quais o incremento de consumos verificado, face aos dados de 2002, levam a um aumento do impacto económico de seca, no ano de 2008/09, traduzindo um aumento da vulnerabilidade dos mesmos a este tipo de situações.

Por fim, refira-se que a escala de classificação de severidade adoptada para este sector (Tabela 4.112), permite salientar, destacada, a situação de seca com impactos mais relevantes no sector do abastecimento urbano, na região em causa (correspondente ao ano de 2004/05), embora não seja atingido o nível de seca extrema. Assim, face ao tipo de impactos e medidas identificadas para os diferentes concelhos da região em estudo, e face aos níveis de custos estimados pela presente metodologia para os diferentes anos, nomeadamente por comparação com os custos totais de captação, tratamento e distribuição das entidades gestoras da região, julga-se que a escala pode ser considerada adequada.

5.1.2 Resultados agregados ao nível regional (UAG)

Uma vez obtidos os resultados para os diferentes sectores utilizadores (e subsectores no caso agrícola), no período de 1998/99 a 2008/09, poderá ser efectuada uma agregação dos mesmos, ao nível de UAG. Tratando-se de avaliações distintas, de acordo com as características especificas dos sectores e subsectores utilizadores, todas têm, todavia, o objectivo comum de estimativa dos impactos económicos (€) verificados. Como tal, a agregação regional dos resultados obtidos, passará, então, pela soma directa dos valores obtidos ao nível de UAG, por sector, e por comparação desse somatório com o PIB da UAG respectiva (de acordo com o descrito em 4.4.1.5).

Assim, atendendo aos valores de PIB regional (por UAG) apresentados na Tabela 4.63, são sistematizados, na Tabela 5.30, os resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca, para as UAG 1, 2 e 3, ao final do ano hidrológico, no período 1998/99 a 2008/09. A classificação de severidade de seca a nível regional considerada corresponde ao estipulado na Tabela 4.118.

Tabela 5.30: Resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca, agregada ao nível regional, por UAG, no período 1998/99 a 2008/09.

Ano hidrológico	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	€	% PIB	€	% PIB	€	% PIB
1998-1999	-7.713.968	2,5%	-5.393.401	2,4%	-4.812.570	0,6%
1999-2000	0	0,0%	-1.953.557	0,9%	-160.169	0,0%
2000-2001	0	0,0%	-34.190	0,0%	0	0,0%
2001-2002	-583.378	0,2%	-164.416	0,1%	0	0,0%
2002-2003	0	0,0%	-1.666.171	0,7%	0	0,0%
2003-2004	-951.891	0,3%	-1.386.915	0,6%	-4.074.191	0,5%
2004-2005	-16.663.708	5,4%	-9.246.895	4,0%	-19.361.778	2,5%
2005-2006	0	0,0%	0	0,0%	-828.916	0,1%
2006-2007	-253.476	0,1%	-1.610.972	0,7%	-746.219	0,1%
2007-2008	-163.595	0,1%	-178.732	0,1%	-781.077	0,1%
2008-2009	-13.723.727	4,5%	-6.384.158	2,8%	-16.008.054	2,1%

De acordo com os resultados obtidos, e não entrando em conta com o ano de 2008/09, verifica-se que, de uma forma global para a região em estudo, os anos mais críticos, no período de avaliação, correspondem aos anos de 1998/99 e 2004/05, sendo concordantes com as principais situações de seca identificadas nos pontos 3.2 e 4.2.1. Verifica-se, também, que esses anos correspondem aos que apresentam maiores afectações nos sectores da agricultura e do abastecimento urbano (mais relevantes em 2004/05). O sector agrícola é, ainda, determinante para a verificação de perdas económicas noutros anos, em especial na UAG 2, embora estas sejam menos significativas do que as verificadas nos anos acima identificados.

Não obstante, o ano de 2008/09 surge, também aqui, como um dos anos mais problemáticos. Como devidamente referido nos pontos anteriores, tal deve-se aos resultados obtidos, para esse ano, nos subsectores de agricultura de sequeiro e de regadio privado, bem como no sector do abastecimento, fruto de avaliações dependentes dos registos de precipitação. De facto, como já referido anteriormente, considerando os registos de precipitação disponíveis (SNIRH, 2010), o ano de 2008/09 corresponde a uma situação de seca próxima da de 2004/05, apesar de não serem conhecidos impactos significativos para esse ano. Além disso, a ausência de impactos no subsector do regadio público, em especial nas UAG 2 e 3, dependentes essencialmente, das variações de disponibilidades nas principais albufeiras públicas (Lucefecit e Vigia, respectivamente), parece corroborar uma possível subvalorização dos registos da precipitação realmente ocorrida na região, durante esse ano hidrológico. Este problema vem salientar a importância de uma correcta, sistemática e cuidada monitorização das diferentes fases do ciclo hidrológico, para uma adequada gestão dos recursos hídricos.

Por outro lado, tomando por base os dados das Tabelas 5.23 e 5.24, verifica-se, que, apesar de o ano de 2004/05 ter afectado mais significativamente os sectores agrícola e do abastecimento urbano na UAG 2 (seca severa em ambos), do que na UAG 1 (seca moderada em ambos), na agregação regional final (Tabela 5.30), a UAG 1 corresponde à região mais afectada (seca extrema), enquanto na UAG 2 se verifica uma situação de seca severa (em consonância com os valores obtidos para os dois sectores utilizadores). Tal como destacado em

4.6.3, essa situação deve-se a um maior peso, na economia da UAG 1 (PIB), das perdas económicas verificadas no sector agrícola e no abastecimento urbano, ainda que, a nível individual dos sectores em causa, essa afectação seja menos importante (em %) face ao rendimento total do sector agrícola nessa região, ou face aos custos totais de produção da água para abastecimento urbano, em situação de referência.

Relativamente à escala de classificação de severidade adoptada, admite-se, tal como também referido em 4.6.3, que a mesma poderá ser revista, para adequação às características das regiões em análise, nomeadamente pela definição dos níveis de perdas económicas (em termos de % de PIB por UAG) considerados significativos para a sustentabilidade das diferentes regiões. No entanto, como esta questão se enquadra no plano político, ao nível da tomada de decisão, considera-se, na presente tese, que a escala considerada é adequada à frequência de situações de seca identificadas no período de avaliação e, também, ao peso relativo que os impactos de seca representam, face à riqueza da região em estudo.

Por fim, como aferição dos resultados obtidos para a afectação socioeconómica de seca, ao nível de UAG, apresenta-se uma comparação com um dos índices mais utilizados na gestão de situações de seca, também em Portugal: o SPI.

A determinação dos valores de SPI teve por base a aplicação do procedimento definido por McKee *et al* (1993), descrito brevemente no ponto 2.2.3, aos valores de precipitação real das UAG 1, 2 e 3 (Anexo 2), para o período considerado (1998/99 a 2008/09). De forma a ser possível uma comparação entre os valores agregados finais, obtidos pela metodologia de avaliação socioeconómica e o SPI, foi considerada, para este último, a avaliação de dados de precipitação acumulada a 12 meses, no final do ano hidrológico (*i.e.*, Setembro). A escala de classificação considerada para os valores do SPI foi a originalmente apontada por Mckee *et al* (1993) para gradação da severidade de seca (Tabela 5.31).

Tabela 5.31: Escala original de classificação do SPI (Mckee *et al*, 1993)

Classificação SPI		
Valores de SPI	**Intensidade de seca**	**Frequência de ocorrência (%)**
-0,99 a 0	Seca ligeira	24
- 1,49 a – 1,0	Seca moderada	9,2
- 1,99 a – 1,5	Seca severa	4,4
< - 2,0	Seca extrema	2,3

Os resultados obtidos para este índice são, então, apresentados na Tabela 5.32.

Tabela 5.32: Resultados SPI -12 (em Setembro) para o período de avaliação (1998/99 a 2008/09), para as UAG 1, 2 e 3.

SPI 12 (Set)	UAG 1	UAG 2	UAG 3
1998-1999	-1,51	-1,66	-1,29
1999-2000	-0,07	-0,36	-0,51
2000-2001	1,55	1,5	1,65
2001-2002	-0,8	-0,78	0,19
2002-2003	-0,44	-0,88	-0,45
2003-2004	-0,31	-0,4	-0,43
2004-2005	-1,95	-1,98	-2,26
2005-2006	-0,25	-0,29	-0,19
2006-2007	0,28	-0,19	0,02
2007-2008	-0,72	-0,79	-0,8
2008-2009	-2,04	-1,81	-1,73

Nos resultados obtidos com o índice SPI (Tabela 5.32), verifica-se que os anos mais problemáticos correspondem a 1998/99 e 2004/05, tal como o apontado pela metodologia de avaliação socioeconómica de seca (Tabela 5.30), sendo que o ano de 2008/09 vem, também no caso do SPI, afectado pelos valores de precipitação considerados.

No entanto, na avaliação do SPI verifica-se uma classificação distinta das diferentes UAG, face ao obtido com a avaliação socioeconómica. De facto, como o SPI apenas atende aos valores de precipitação ocorridos na região, comparando-os com as características do histórico de registos correspondente, não permite a representação das vulnerabilidades inerentes às características das regiões afectadas. Essas vulnerabilidades são determinadas pelo tipo de utilizações existentes, pela resiliência das respectivas origens de água, face a uma anomalia transitória da precipitação e, ainda, pelas características socioeconómicas da região em avaliação.

De facto, tomando como exemplo os valores da relação entre a precipitação anual ocorrida e a correspondente à situação de referência (P/ P ref), identificados, para cada UAG, na Tabela 5.25, verifica-se que, em 1998/99, essa relação é mais reduzida para as UAG 1 e 2 do que para a UAG 3. Por outro lado, no ano de 2004/05, o valor mais reduzido dessa relação verifica-se na UAG 3. Confirma-se, assim, que esses valores estão de acordo com os resultados do índice SPI.

Fazendo uma análise análoga aos resultados obtidos para os principais sectores (Tabelas 5.23 e 5.24) segundo a metodologia descrita na presente tese, verifica-se que as perdas económicas, na UAG 3, nos sectores agrícola e de abastecimento urbano, no ano de 1998/99, são inferiores às correspondentes verificadas nas UAG 1 e 2. Como tal, esses resultados estão em consonância com a relação da precipitação anual face à situação de referência (P/ P ref) e com os resultados do SPI. Porém, em 2004/05, as perdas económicas verificadas no sector agrícola são idênticas (em termos relativos) nas UAG 1 e 3, e inferiores às perdas verificadas na UAG 2. Considerando os dados dos diferentes subsectores agrícolas (Tabelas 5.1, 5.13 e 5.20), verifica-se que, na UAG 1, o subsector do regadio público não é

afectado (Tabela 5.13), mas a afectação, nessa área, do regadio privado e a importância dessas áreas para o rendimento global do sector agrícola da UAG 1, leva a que seja atingido um nível de impactos final, neste sector, idêntico ao verificado na UAG 3 (onde a anomalia de precipitação foi mais significativa). De igual forma, no sector do abastecimento urbano (Tabela 5.24), verifica-se uma afectação idêntica nas UAG 1 e 3, fruto da existência, em ambas, de sistemas integrados capazes de minimizar algumas falhas (em especial das captações do MAI). Neste sector verifica-se, ainda, que a UAG 2 foi a mais afectada dadas as falhas apontadas ao sistema aquífero Estremoz-Cano, principal origem de água dessa área.

Confirma-se, assim, a importância das utilizações existentes na região, bem como da resiliência das principais origens a que estão associadas, para a verificação de impactos em cada sector utilizador. Como tal, os resultados da avaliação socioeconómica de impactos de seca, específica para cada sector utilizador, podem apontar a ocorrência de impactos de forma distinta do conseguido apenas com base em dados de precipitação (como é o caso dos resultados das Tabelas 5.25 e 5.32).

Por fim, a comparação da importância dessas perdas económicas, face às características socioeconómicas das áreas em análise (traduzidas pelo PIB de cada UAG), acaba por realçar as zonas onde os impactos de seca, pela importância dos sectores utilizadores na economia da região, são mais significativos. Nessa linha, no ano de 2004/05 verifica-se (segundo os resultados da Tabela 5.30) uma maior afectação de seca na área da UAG 1, do que o verificado nas UAG 2 e 3, ao contrário do apontado pelo índice SPI (Tabela 5.32).

5.2 Aplicação à avaliação da seca 2004/05

5.2.1 Gestão do risco de seca

De acordo com os objectivos estipulados no ponto 4.1, a abordagem de base a considerar, para a avaliação e gestão de situações de seca, deverá ser a de prevenção e gestão do risco de impactos. Para tal, foi definido, no ponto 4.4.1, o designado esquema de gestão do risco de seca, para previsão da ocorrência de potenciais impactos socioeconómicos decorrentes da redução das disponibilidades nas diferentes origens de água.

Assim, de acordo com o também definido nesse ponto, em cada mês do ano hidrológico, a avaliação é feita atendendo: por um lado aos dados mensais reais, verificados desde o início de Outubro até ao mês de avaliação (Janeiro ou Março, por ex.), da precipitação, volumes armazenados em albufeiras e níveis piezométricos em sistemas aquíferos; por outro, à simulação prospectiva da evolução dessas mesmas variáveis, no período entre o mês de avaliação e o final do ano hidrológico, de acordo com os diferentes cenários de precipitação mensal considerados (P75, 50 ou 25 mensal).

Para análise e discussão dos resultados mensais obtidos por este esquema de avaliação foi tomado como exemplo o período de Outubro de 2003 (início do ano hidrológico de 2003/04) a Setembro de 2006 (final do ano hidrológico de 2005/06), englobando a situação de seca mais gravosa da região em estudo, o ano de 2004/05. A avaliação apresentada em seguida, de forma

diferenciada por sector utilizador (subsector no caso agrícola) e, também, de afectação ao nível regional, corresponde a uma reprodução dos valores mensais que seriam obtidos no acompanhamento do risco de seca na região em estudo, nesse período, se tivesse sido aplicado o esquema de avaliação preventiva agora apresentado.

Importa, ainda, referir que o resultado obtido, em cada mês do ano hidrológico, corresponde a uma previsão do balanço anual, em Setembro desse ano, na satisfação das necessidades dos sectores utilizadores, de acordo com os cenários considerados. Assim, em Janeiro ou Março de 2004, por exemplo, estar-se-á a prever o balanço anual de Setembro de 2004. Por outro lado, no mês de Outubro de 2004, já se estará a perspectivar o balanço de um novo ano hidrológico, ou seja, do resultado expectável em Setembro de 2005. Não obstante, o valor apresentado em Setembro de cada ano, não corresponde a uma previsão, mas sim ao balanço real, atendendo aos valores efectivamente monitorizados para os indicadores de base considerados (precipitação, volumes armazenados em albufeiras e níveis piezométricos em sistemas aquíferos).

Para melhor compreensão e análise dos resultados que serão apresentados para os diferentes sectores (e subsectores) utilizadores, são sistematizados na Tabela 5.33 os valores de precipitação mensal reais verificados para os anos hidrológicos 2003/04, 2004/05 e 2005/06, nas UAG 1, 2 e 3. Por outro lado, apresentam-se, ainda, na Tabela 5.34, os valores de precipitação mensal segundo os cenários P 75, P 50 e P 25 mensal, definidos de forma específica para cada uma das UAG[172].

Tabela 5.33: Registos de precipitação mensal nos anos hidrológicos de 2003/04, 2004/05 e 2005/06, nas UAG 1, 2 e 3.

Registos de P mensal (mm)	UAG 1			UAG 2			UAG 3		
	2003/04	2004/05	2005/06	2003/04	2004/05	2005/06	2003/04	2004/05	2005/06
Out	167,84	147,49	154,44	164,20	157,93	139,06	145,06	113,67	124,76
Nov	112,65	24,49	54,83	101,89	18,02	67,01	72,82	16,95	69,47
Dez	61,14	23,28	49,25	83,75	23,63	52,46	67,46	22,54	51,17
Jan	42,84	2,10	29,62	27,77	1,01	25,75	32,01	1,96	27,88
Fev	42,80	10,70	46,27	44,18	6,40	37,79	51,20	8,26	37,46
Mar	36,96	29,56	97,78	35,35	27,44	102,04	30,76	20,85	80,57
Abr	28,04	19,61	34,62	23,40	14,27	37,68	19,05	12,40	35,26
Mai	24,28	30,98	0,74	25,27	43,96	0,57	25,14	47,29	0,92
Jun	3,09	3,34	45,28	1,39	2,63	40,05	3,06	1,93	22,31
Jul	0,25	0,22	6,94	0,30	0,58	3,66	0,05	0,48	15,07
Ago	24,55	1,97	9,19	12,72	2,57	13,36	9,32	2,10	9,64
Set	5,61	6,08	30,88	13,31	3,53	34,31	12,04	0,76	29,79

[172] De acordo com o ponto 4.4.1.

Tabela 5.34: Cenários de precipitação mensal (P 75, P 50 e P 25 mensal), definidos para as UAG 1, 2 e 3.

Cenários de P mensal (mm)	UAG 1			UAG 2			UAG 3		
	P 75 mensal	P 50 mensal	P 25 mensal	P 75 mensal	P 50 mensal	P 25 mensal	P 75 mensal	P 50 mensal	P 25 mensal
Out	99,32	57,90	34,20	117,33	60,84	30,18	113,67	56,09	25,60
Nov	122,86	80,32	36,70	116,83	76,72	35,04	101,53	60,98	37,33
Dez	130,44	63,05	31,84	129,59	71,39	32,58	97,29	58,41	30,05
Jan	96,37	52,47	29,62	124,96	69,64	33,58	105,32	54,93	28,70
Fev	107,76	65,35	38,52	104,45	61,24	26,66	93,05	56,97	18,68
Mar	95,24	48,30	17,21	90,61	43,35	20,85	68,55	49,52	18,66
Abr	77,17	48,28	28,04	85,35	46,37	23,40	75,87	51,02	21,10
Mai	58,57	39,40	13,92	56,73	31,79	18,25	51,29	28,20	16,32
Jun	37,85	10,74	3,51	33,62	11,24	4,42	38,68	14,16	3,11
Jul	2,25	0,45	0,00	3,66	0,51	0,00	3,87	0,45	0,00
Ago	4,94	0,24	0,00	6,09	0,51	0,00	5,21	0,62	0,00
Set	42,91	17,26	6,08	42,89	18,67	5,76	32,96	19,08	6,78

5.2.1.1 Agricultura de sequeiro

De acordo com o esquema de avaliação mensal definido em 4.4.1, para a gestão do risco de seca (a exemplo do demonstrado na Tabela 4.61), apresentam-se: (i) na Tabela 5.35, os valores mensais dos indicadores de base para o subsector da agricultura de sequeiro, para a UAG 1 (os valores correspondentes para as UAG 2 e 3 encontram-se sistematizados, em Tabelas idênticas, no Anexo 13), bem como, (ii) na Tabela 5.36, os resultados mensais da avaliação socioeconómica de impactos de seca, obtidos, por UAG, para a gestão do risco de seca do subsector da agricultura de sequeiro, no período de 2003/04 a 2005/06.

Tomando como exemplo a UAG 1, a análise das Tabelas 5.35 e 5.36 deverá ser feita atendendo a que, em cada mês do ano hidrológico, o valor apresentado, quer para os indicadores de base, quer para o resultado da avaliação socioeconómica do risco de seca, constitui uma previsão, segundo cada um dos cenários definidos (P 75, P 50 ou P 25 mensal), do balanço anual expectável em Setembro desse ano. Refira-se, no entanto, que no caso do subsector de sequeiro, os valores de avaliação socioeconómica do risco de seca são iguais, desde o final de Abril até ao final do ano hidrológico (em Setembro). Tal deve-se ao facto de os indicadores de base considerados (Tabela 5.35), terem um período de avaliação limitado ao mês de Abril, de acordo com o esquema descrito no ponto 4.3.2.

Por último, refira-se que a avaliação dos dados da Tabela 5.35 deverá ser feita de forma análoga ao descrito em 5.1.1.1, para avaliação das Tabelas 5.2 a 5.7, e que os resultados apresentados na Tabela 5.36 são correspondentes aos descritos, para o final do ano hidrológico, neste mesmo subsector, na Tabela 5.1.

Tabela 5.35: Dados dos indicadores de base (agricultura de sequeiro) para avaliação mensal do risco de seca, no período 2003/04 a 2005/06 (UAG 1).

Sequeiro -UAG 1		Cereais, leguminosas e forragens						Pastagens											
								Período de Outono-Inverno									Período de Primavera		
Indicador		P Nov-Fev (mm) - X1			P Mar-Abr (mm) - X2			P Set-Out (mm)			P Set-Nov (mm)			P Nov-Fev (mm)			P Mar-Abr (mm)		
Cenário		P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25
Ref (mm)		261,19	261,19	261,19	96,58	96,58	96,58	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	100,00	100,00	100,00	60,00	60,00	60,00
2003-2004	Out	457,43	261,19	136,68	172,41	96,58	45,25	178,67	178,67	178,67	301,53	258,99	215,37	457,43	261,19	136,68	172,41	96,58	45,25
	Nov	447,22	293,52	212,63	172,41	96,58	45,25	178,67	178,67	178,67	291,31	291,31	291,31	447,22	293,52	212,63	172,41	96,58	45,25
	Dez	377,92	291,61	241,93	172,41	96,58	45,25	178,67	178,67	178,67	291,31	291,31	291,31	377,92	291,61	241,93	172,41	96,58	45,25
	Jan	324,39	281,98	255,15	172,41	96,58	45,25	178,67	178,67	178,67	291,31	291,31	291,31	324,39	281,98	255,15	172,41	96,58	45,25
	Fev	259,43	259,43	259,43	172,41	96,58	45,25	178,67	178,67	178,67	291,31	291,31	291,31	259,43	259,43	259,43	172,41	96,58	45,25
	Mar	259,43	259,43	259,43	114,13	85,24	65,00	178,67	178,67	178,67	291,31	291,31	291,31	259,43	259,43	259,43	114,13	85,24	65,00
	Abr	259,43	259,43	259,43	65,00	65,00	65,00	178,67	178,67	178,67	291,31	291,31	291,31	259,43	259,43	259,43	65,00	65,00	65,00
	Mai	259,43	259,43	259,43	65,00	65,00	65,00	178,67	178,67	178,67	291,31	291,31	291,31	259,43	259,43	259,43	65,00	65,00	65,00
	Jun	259,43	259,43	259,43	65,00	65,00	65,00	178,67	178,67	178,67	291,31	291,31	291,31	259,43	259,43	259,43	65,00	65,00	65,00
	Jul	259,43	259,43	259,43	65,00	65,00	65,00	178,67	178,67	178,67	291,31	291,31	291,31	259,43	259,43	259,43	65,00	65,00	65,00
	Ago	259,43	259,43	259,43	65,00	65,00	65,00	178,67	178,67	178,67	291,31	291,31	291,31	259,43	259,43	259,43	65,00	65,00	65,00
	Set	259,43	259,43	259,43	65,00	65,00	65,00	178,67	178,67	178,67	291,31	291,31	291,31	259,43	259,43	259,43	65,00	65,00	65,00
2004-2005	Out	457,43	261,19	136,68	172,41	96,58	45,25	153,10	153,10	153,10	275,96	233,42	189,80	457,43	261,19	136,68	172,41	96,58	45,25
	Nov	359,06	205,36	124,47	172,41	96,58	45,25	153,10	153,10	153,10	177,60	177,60	177,60	359,06	205,36	124,47	172,41	96,58	45,25
	Dez	251,91	165,60	115,92	172,41	96,58	45,25	153,10	153,10	153,10	177,60	177,60	177,60	251,91	165,60	115,92	172,41	96,58	45,25
	Jan	157,63	115,22	88,39	172,41	96,58	45,25	153,10	153,10	153,10	177,60	177,60	177,60	157,63	115,22	88,39	172,41	96,58	45,25
	Fev	60,57	60,57	60,57	172,41	96,58	45,25	153,10	153,10	153,10	177,60	177,60	177,60	60,57	60,57	60,57	172,41	96,58	45,25
	Mar	60,57	60,57	60,57	106,73	77,84	57,60	153,10	153,10	153,10	177,60	177,60	177,60	60,57	60,57	60,57	106,73	77,84	57,60
	Abr	60,57	60,57	60,57	49,17	49,17	49,17	153,10	153,10	153,10	177,60	177,60	177,60	60,57	60,57	60,57	49,17	49,17	49,17
	Mai	60,57	60,57	60,57	49,17	49,17	49,17	153,10	153,10	153,10	177,60	177,60	177,60	60,57	60,57	60,57	49,17	49,17	49,17
	Jun	60,57	60,57	60,57	49,17	49,17	49,17	153,10	153,10	153,10	177,60	177,60	177,60	60,57	60,57	60,57	49,17	49,17	49,17
	Jul	60,57	60,57	60,57	49,17	49,17	49,17	153,10	153,10	153,10	177,60	177,60	177,60	60,57	60,57	60,57	49,17	49,17	49,17
	Ago	60,57	60,57	60,57	49,17	49,17	49,17	153,10	153,10	153,10	177,60	177,60	177,60	60,57	60,57	60,57	49,17	49,17	49,17
	Set	60,57	60,57	60,57	49,17	49,17	49,17	153,10	153,10	153,10	177,60	177,60	177,60	60,57	60,57	60,57	49,17	49,17	49,17
2005-2006	Out	457,43	261,19	136,68	172,41	96,58	45,25	160,52	160,52	160,52	283,38	240,84	197,22	457,43	261,19	136,68	172,41	96,58	45,25
	Nov	389,40	235,70	154,81	172,41	96,58	45,25	160,52	160,52	160,52	215,35	215,35	215,35	389,40	235,70	154,81	172,41	96,58	45,25
	Dez	308,21	221,90	172,22	172,41	96,58	45,25	160,52	160,52	160,52	215,35	215,35	215,35	308,21	221,90	172,22	172,41	96,58	45,25
	Jan	241,46	199,05	172,22	172,41	96,58	45,25	160,52	160,52	160,52	215,35	215,35	215,35	241,46	199,05	172,22	172,41	96,58	45,25
	Fev	179,98	179,98	179,98	172,41	96,58	45,25	160,52	160,52	160,52	215,35	215,35	215,35	179,98	179,98	179,98	172,41	96,58	45,25
	Mar	179,98	179,98	179,98	174,95	146,06	125,82	160,52	160,52	160,52	215,35	215,35	215,35	179,98	179,98	179,98	174,95	146,06	125,82
	Abr	179,98	179,98	179,98	132,40	132,40	132,40	160,52	160,52	160,52	215,35	215,35	215,35	179,98	179,98	179,98	132,40	132,40	132,40
	Mai	179,98	179,98	179,98	132,40	132,40	132,40	160,52	160,52	160,52	215,35	215,35	215,35	179,98	179,98	179,98	132,40	132,40	132,40
	Jun	179,98	179,98	179,98	132,40	132,40	132,40	160,52	160,52	160,52	215,35	215,35	215,35	179,98	179,98	179,98	132,40	132,40	132,40
	Jul	179,98	179,98	179,98	132,40	132,40	132,40	160,52	160,52	160,52	215,35	215,35	215,35	179,98	179,98	179,98	132,40	132,40	132,40
	Ago	179,98	179,98	179,98	132,40	132,40	132,40	160,52	160,52	160,52	215,35	215,35	215,35	179,98	179,98	179,98	132,40	132,40	132,40
	Set	179,98	179,98	179,98	132,40	132,40	132,40	160,52	160,52	160,52	215,35	215,35	215,35	179,98	179,98	179,98	132,40	132,40	132,40

Tabela 5.36: Resultados da avaliação socioeconómica mensal do risco de seca na agricultura de sequeiro, para o período 2003/04 a 2005/06.

Sequeiro		UAG 1						UAG 2						UAG 3					
		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal	
		€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend
2003-2004	Out	0	0%	0	0%	-5.908.318	44%	0	0%	0	0%	-2.770.702	54%	0	0%	0	0%	-7.689.323	48%
	Nov	0	0%	0	0%	-4.356.203	32%	0	0%	0	0%	-2.215.873	43%	0	0%	0	0%	-6.697.167	42%
	Dez	0	0%	0	0%	-3.851.812	29%	0	0%	0	0%	-1.863.442	36%	0	0%	0	0%	-5.752.747	36%
	Jan	0	0%	0	0%	-3.641.507	27%	0	0%	0	0%	-1.900.278	37%	0	0%	0	0%	-5.674.252	35%
	Fev	0	0%	0	0%	-3.575.646	27%	0	0%	0	0%	-1.791.540	35%	0	0%	0	0%	-4.945.743	31%
	Mar	0	0%	0	0%	-951.743	7%	0	0%	0	0%	-1.386.915	27%	0	0%	0	0%	-3.895.899	24%
	Abr	-951.891	7%	-951.891	7%	-951.891	7%	-1.386.915	27%	-1.386.915	27%	-1.386.915	27%	-4.074.191	25%	-4.074.191	25%	-4.074.191	25%
	Mai	-951.891	7%	-951.891	7%	-951.891	7%	-1.386.915	27%	-1.386.915	27%	-1.386.915	27%	-4.074.191	25%	-4.074.191	25%	-4.074.191	25%
	Jun	-951.891	7%	-951.891	7%	-951.891	7%	-1.386.915	27%	-1.386.915	27%	-1.386.915	27%	-4.074.191	25%	-4.074.191	25%	-4.074.191	25%
	Jul	-951.891	7%	-951.891	7%	-951.891	7%	-1.386.915	27%	-1.386.915	27%	-1.386.915	27%	-4.074.191	25%	-4.074.191	25%	-4.074.191	25%
	Ago	-951.891	7%	-951.891	7%	-951.891	7%	-1.386.915	27%	-1.386.915	27%	-1.386.915	27%	-4.074.191	25%	-4.074.191	25%	-4.074.191	25%
	Set	**-951.891**	**7%**	**-951.891**	**7%**	**-951.891**	**7%**	**-1.386.915**	**27%**	**-1.386.915**	**27%**	**-1.386.915**	**27%**	**-4.074.191**	**25%**	**-4.074.191**	**25%**	**-4.074.191**	**25%**
2004-2005	Out	0	0%	0	0%	-5.908.318	44%	0	0%	0	0%	-2.770.702	54%	0	0%	0	0%	-7.689.323	48%
	Nov	0	0%	0	0%	-6.190.711	46%	0	0%	0	0%	-2.928.969	57%	0	0%	0	0%	-9.398.391	58%
	Dez	0	0%	-395.246	3%	-6.394.174	47%	0	0%	0	0%	-3.014.963	58%	0	0%	0	0%	-9.631.888	60%
	Jan	0	0%	-1.530.377	11%	-7.806.572	58%	0	0%	-599.482	12%	-4.020.796	78%	0	0%	-2.171.774	13%	-10.496.989	65%
	Fev	0	0%	-3.665.282	27%	-8.545.784	63%	-210.125	4%	-1.842.462	36%	-4.238.404	82%	0	0%	-3.745.497	23%	-10.848.597	67%
	Mar	-2.940.277	22%	-5.004.567	37%	-7.663.581	57%	-1.198.795	23%	-2.286.311	44%	-4.054.601	78%	-4.077.136	25%	-6.233.761	39%	-10.658.654	66%
	Abr	-8.266.029	61%	-8.266.029	61%	-8.266.029	61%	-4.309.435	83%	-4.309.435	83%	-4.309.435	83%	-11.413.639	71%	-11.413.639	71%	-11.413.639	71%
	Mai	-8.266.029	61%	-8.266.029	61%	-8.266.029	61%	-4.309.435	83%	-4.309.435	83%	-4.309.435	83%	-11.413.639	71%	-11.413.639	71%	-11.413.639	71%
	Jun	-8.266.029	61%	-8.266.029	61%	-8.266.029	61%	-4.309.435	83%	-4.309.435	83%	-4.309.435	83%	-11.413.639	71%	-11.413.639	71%	-11.413.639	71%
	Jul	-8.266.029	61%	-8.266.029	61%	-8.266.029	61%	-4.309.435	83%	-4.309.435	83%	-4.309.435	83%	-11.413.639	71%	-11.413.639	71%	-11.413.639	71%
	Ago	-8.266.029	61%	-8.266.029	61%	-8.266.029	61%	-4.309.435	83%	-4.309.435	83%	-4.309.435	83%	-11.413.639	71%	-11.413.639	71%	-11.413.639	71%
	Set	**-8.266.029**	**61%**	**-8.266.029**	**61%**	**-8.266.029**	**61%**	**-4.309.435**	**83%**	**-4.309.435**	**83%**	**-4.309.435**	**83%**	**-11.413.639**	**71%**	**-11.413.639**	**71%**	**-11.413.639**	**71%**
2005-2006	Out	0	0%	0	0%	-5.908.318	44%	0	0%	0	0%	-2.770.702	54%	0	0%	0	0%	-7.689.323	48%
	Nov	0	0%	0	0%	-5.505.728	41%	0	0%	0	0%	-2.492.055	48%	0	0%	0	0%	-6.786.731	42%
	Dez	0	0%	0	0%	-5.137.951	38%	0	0%	0	0%	-2.331.128	45%	0	0%	0	0%	-6.235.506	39%
	Jan	0	0%	0	0%	-5.137.999	38%	0	0%	0	0%	-2.393.359	46%	0	0%	0	0%	-6.256.324	39%
	Fev	0	0%	-99.716	1%	-4.980.217	37%	0	0%	0	0%	-2.305.308	45%	0	0%	0	0%	-5.792.911	36%
	Mar	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Abr	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Mai	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Jun	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Jul	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Ago	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Set	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**

Por análise das Tabelas 5.35 e 5.36 confirma-se que a avaliação mensal segundo o cenário P 25 mensal é sempre mais gravosa, indicando, de forma quase constante, a potencial ocorrência de impactos de seca (a única excepção ocorre no final dos anos hidrológicos em que efectivamente não se verificam problemas, como é o caso do ano 2005/06). De facto, tal como descrito no ponto 4.4.1, o cenário P 25 mensal foi definido com base nos percentis 25 de precipitação mensal. Assim, tal como devidamente explicado nesse ponto (4.4.1), a precipitação acumulada correspondente ao somatório de vários meses desse cenário corresponde a uma frequência de ocorrência inferior a 25%, tal como pode ser verificado através da respectiva matriz de determinação da frequência de não excedência de P acumulada, a partir dos cenários de P mensal (Tabela 4.62). Assim, como esse cenário é bastante gravoso, os resultados de perdas económicas obtidos segundo o mesmo poderão ser considerados como o limite superior dos valores expectáveis para os impactos de seca, no subsector e região em causa.

Por outro lado, ainda de acordo com o estipulado no ponto 4.4.1, o cenário P 50 mensal, definido com base nos percentis 50 de precipitação mensal, constitui, quando aplicado a todo o ano hidrológico, a situação de referência para avaliação de impactos de seca. Por esse motivo, os valores de referência para os indicadores de base da avaliação socioeconómica de cada subsector, foram definidos a partir dos valores de precipitação mensal deste cenário. Porém, esses valores são também utilizados para avaliação do risco de seca, num esquema similar ao considerado para os outros dois cenários e segundo o exemplificado na Tabela 4.61, do ponto 4.4.1.2. De facto, na avaliação do risco de seca, num mês de Janeiro, por exemplo, segundo o cenário P 50 mensal, são considerados os valores reais de precipitação de Outubro a Janeiro (inclusive) e, são adoptados para o período futuro, de Fevereiro a Setembro, os valores de precipitação mensal do cenário P 50 mensal. Neste caso, se o somatório dos valores de precipitação realmente ocorrida (meses de Outubro a Janeiro) for inferior ao somatório correspondente, determinado a partir dos valores de precipitação mensal do cenário P 50 mensal, poderá prever-se a ocorrência de impactos de seca, pois a precipitação anual prevista (em Setembro) será inferior à situação de referência. Como tal, quando, num dado mês, são previsíveis impactos de seca segundo o cenário P 50 mensal, considera-se que existe uma significativa probabilidade de os mesmos se confirmarem no final do ano hidrológico (a frequência de ocorrência correspondente será igual ou superior à obtida pelas matrizes de determinação da frequência de não excedência de P acumulada - Tabela 4.62 e Anexo 11 –, considerando, para o exemplo descrito, o resultado da linha de Fevereiro, cenário P 50 mensal, coluna de Setembro).

Por sua vez, quando se verificam impactos na avaliação do risco de seca, também segundo o cenário P 75 mensal, as consequências socioeconómicas da situação de seca poderão, nesse momento, ser consideradas quase certas, uma vez que teria de se verificar, no mínimo, uma precipitação acima do percentil 75 dos registos de cada mês, para que o défice de precipitação pudesse ser colmatado. No entanto, mesmo nesse caso, tal poderia não ser suficiente, uma vez que o intervalo de variação dos valores de precipitação mensal nos meses da segunda metade do ano hidrológico é bastante inferior ao verificado nos meses do período de Outono-Inverno (Outubro a Março)[173].

[173] Ver análise da precipitação mensal efectuada em 4.2.1 e 4.4.1.

No caso concreto da avaliação da agricultura de sequeiro, verifica-se que, em cada mês, os valores dos indicadores de base (Tabela 5.35), ou dos resultados da avaliação socioeconómica do risco de seca (Tabela 5.36), deverão ser comparados com os valores correspondentes de Abril (mês de final da avaliação, mantendo-se os resultados dos indicadores, ou da avaliação socioeconómica, iguais até ao mês de Setembro).

Da análise da Tabela 5.36 (e em consonância com o que havia sido concluído na Tabela 5.1) verifica-se, então, para a UAG 1, neste subsector, uma situação de perdas ligeiras no ano de 2003/04, uma situação bastante gravosa no ano de 2004/05 (seca extrema) e a ausência de qualquer tipo de impactos no ano de 2005/06.

No ano de 2003/04, centrando a avaliação na UAG 1, verifica-se que, apesar de serem expectáveis perdas económicas, desde Outubro, no cenário P 25 mensal, a previsão de impactos de seca segundo o cenário P 50 mensal apenas ocorre no final do mês de Abril, correspondente, também, ao final da avaliação para a agricultura de sequeiro. De facto, analisando os valores dos indicadores de base (Tabela 5.35), confirma-se que a precipitação acumulada nos meses de Novembro a Fevereiro (indicador X1), representativa da produção de cereais, leguminosas e forragens, fica abaixo dos níveis de referência no final do período de avaliação correspondente, i.e., no mês de Fevereiro. No entanto, como essa afectação é ligeira (o valor real de precipitação acumulada, nesse período, apenas se situa cerca de 2 mm abaixo do valor de referência), o aumento previsto para o preço das culturas de forragens, em situação de seca, permite colmatar as perdas económicas consequentes, não resultando a previsão de qualquer impacto de seca segundo esse cenário. Refira-se, no entanto, que o principal factor condicionante dos impactos socioeconómicos na produção de sequeiro, nesse ano, foi a precipitação verificada nos meses de Março e Abril, correspondente ao segundo período crítico de avaliação das produções das culturas de sequeiro (indicador X2). Em Março, era já previsível que, se a precipitação em Abril seguisse o percentil 25 mensal, verificar-se-ia a ocorrência de perdas económicas, o que acabou por realmente suceder.

Em relação ao ano de 2004/05, o mais gravoso dos 3 anos em análise, verifica-se ser possível prever a ocorrência de perdas económicas por impactos de seca (Tabela 5.36), na UAG 1, com alguma antecedência. Na verdade, tal como se pode verificar pela Tabela 5.35, desde o mês de Novembro que a precipitação acumulada no período Novembro a Fevereiro (X1) é quantificada abaixo do valor de referência segundo o cenário P 50 mensal. Por outro lado, desde Dezembro que o mesmo sucede no cenário P 75 mensal. Porém, o aumento do preço das forragens, no primeiro caso, e a compensação das produções de cereais, leguminosas e forragens (quantificação acima do valor de referência), no período crítico de avaliação de Março e Abril (X2), no segundo caso, levou a alguma compensação dos impactos expectáveis em cada um dos cenários nos meses iniciais. Não obstante, tal como se verifica pela Tabela 5.36, para a UAG 1, desde o mês de Dezembro de 2004 que é previsível a ocorrência de perdas económicas de seca segundo o cenário P 50 mensal e, desde o mês de Março de 2005, que o mesmo sucede segundo o cenário P 75 mensal. Além disso verifica-se, na Tabela 5.35, que o ano de 2004/05 foi o único, do período de 3 anos analisado, a ver afectada a produção de pastagens (tanto no período de Outono-Inverno, como no período de Primavera), sendo isso mesmo reflectido no agravamento, em Fevereiro, dos valores de impactos previsíveis segundo o cenário P 50 mensal (Tabela 5.36).

No caso do ano de 2005/06 (Tabela 5.36), na UAG 1, não são previsíveis quaisquer impactos de seca no cenário P 75 mensal e, apenas no mês de Fevereiro, são expectáveis perdas ligeiras, segundo o cenário P 50 mensal. Tomando por base os dados da Tabela 5.35, verifica-se que o indicador X1, segundo o cenário P 50 mensal, fica abaixo da situação de referência no mês Novembro, não tornando a recuperar. Não obstante, o aumento do preço das forragens, numa primeira fase, entre Novembro e Janeiro, e, o valor do indicador X2 acima da situação de referência numa segunda fase, em Março e Abril, permitiram a compensação das expectáveis quebras de produção nas diversas culturas (à excepção do mês de Fevereiro), levando a que não fossem quantificados impactos de seca nesse ano. Por outro lado, verifica-se (Tabela 5.36) que, mesmo segundo o P 25 mensal, a partir do mês de Março, deixa de ser expectável a ocorrência de impactos de seca na UAG 1, neste subsector, devido precisamente à precipitação verificada nesse mês de Março (ver Tabela 5.33).

De facto, analisando a Tabela 5.36, também para as UAG 2 e 3, verifica-se que o esquema de avaliação do risco de seca desenvolvido consegue prever, com alguma antecedência, a possível ocorrência de perdas económicas de seca no subsector da agricultura de sequeiro, no ano de 2004/05, considerando o cenário P 50 mensal como referência. Admitindo que essa indicação pode ser dada pela quantificação de qualquer perda económica (*i.e.* diferente de zero), a antecedência conseguida corresponde a cerca de 4 meses na UAG 1 (Dezembro de 2004) e de 3 meses, nas UAG 2 e 3 (Janeiro de 2005).

Porém, verifica-se, também, que a capacidade de previsão de possíveis perdas, segundo o cenário P 50 mensal, apresenta algumas limitações, em especial em relação ao indicador X2 (precipitação acumulada nos meses de Março e Abril) uma vez que a avaliação de sequeiro termina precisamente no mês de Abril. Neste caso, a menor capacidade de previsão deve-se, em grande medida, ao facto de os níveis de precipitação nesses meses poderem ser bastante significativos, embora se trate de um período de avaliação de apenas 2 meses. De facto, um decréscimo da precipitação em Março, face à situação de referência, poderá ser colmatado, se se verificar um aumento da precipitação em Abril. Porém, uma precipitação mediana no mês de Março não será suficiente para evitar uma quebra de produção nas culturas de sequeiro, se se verificar uma redução de precipitação significativa no mês de Abril. De acordo com a análise efectuada em conjunto com a U.Évora, no âmbito do projecto SPGS, foi possível concluir que este último mês corresponde, na realidade, a um dos meses mais críticos para as produções de sequeiro, podendo provocar impactos relevantes, nessas produções, sem hipótese de retorno.

Assim, da análise efectuada poderá considerar-se razoável centrar a avaliação do risco de seca nos resultados do cenário P 50 mensal, não deixando, todavia, de ser necessário atender, em cada mês, aos resultados dos cenários P 25 mensal e P 75 mensal. Dessa forma, será possível ter sempre presente o intervalo expectável de variação dos impactos de seca, mesmo nos casos em que, até ao mês de Março, segundo o cenário P 50 mensal, não surge qualquer indicação de potencial ocorrência de impactos neste subsector (por exemplo, no caso do ano 2003/04, na UAG 1).

5.2.1.2 Agricultura de regadio público

Tal como efectuado para o sequeiro, apresentam-se, na Tabela 5.37, os resultados mensais obtidos para gestão do risco de seca, no subsector de regadio público no período de 2003/04 a 2005/06. De igual forma, são sistematizados, na Tabela 5.38, os valores dos indicadores de base determinantes para essa avaliação, nas UAG 1, 2 e 3. Em cada mês é efectuada uma quantificação das disponibilidades anuais expectáveis nas diferentes albufeiras, de acordo com a correspondente previsão de afluências, segundo os três cenários de precipitação considerados, e atendendo ao volume armazenado em Outubro do ano hidrológico correspondente.

Como exemplo das simulações efectuadas, em cada mês, para previsão dos volumes disponíveis em albufeira no espaço temporal do ano hidrológico, são representados, na Figura 5.4, possível evolução dos volumes armazenados na albufeira do Lucefecit (UAG 2), para a avaliação das disponibilidades em Janeiro de 2005, segundo os cenários de precipitação (descritos na Tabela 5.34). Nesse caso são considerados, desde o início do ano hidrológico, até ao mês de avaliação (Janeiro), os volumes reais de armazenamento em albufeira, sendo simulada a evolução dos volumes armazenados, no período de Fevereiro, ao final do ano hidrológico, *i.e.*, Setembro, de acordo com os cenários de precipitação mensal.

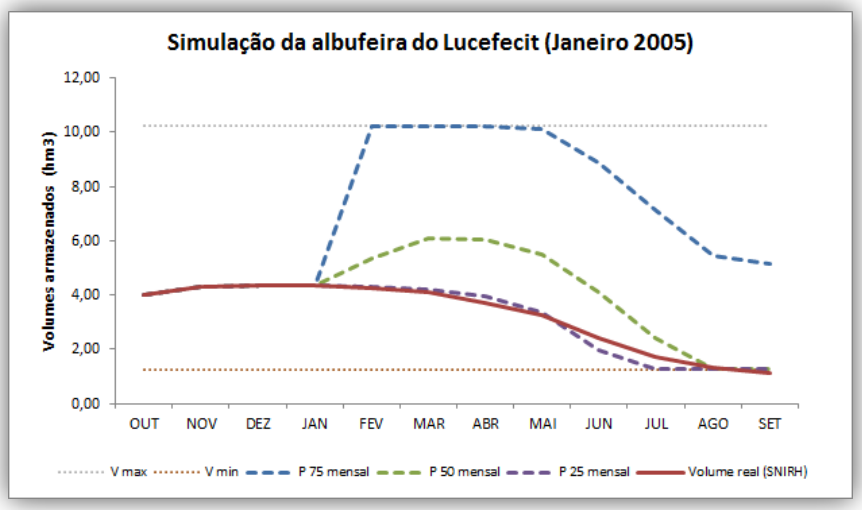


Figura 5.4: Simulação dos volumes armazenados na albufeira do Lucefecit, em Janeiro de 2005, segundo os 3 cenários de precipitação mensal (P 75, P 50 e P 25 mensal).

Tabela 5.37: Resultados da avaliação socioeconómica mensal do risco de seca no regadio público, para o período 2003/04 a 2005/06.

Regadio público		UAG 1						UAG 2						UAG 3					
		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal	
		€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend
2003-2004	Out	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-1.619.096	62%	0	0%	0	0%	-397.033	8%
	Nov	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-181.003	4%
	Dez	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Jan	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Fev	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Mar	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Abr	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Mai	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Jun	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Jul	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Ago	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Set	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**
2004-2005	Out	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-1.309.048	53%	0	0%	0	0%	-991.356	20%
	Nov	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-1.186.036	48%	0	0%	-164.751	3%	-1.313.931	27%
	Dez	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-1.151.817	47%	0	0%	-650.529	13%	-1.429.195	29%
	Jan	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-286.038	12%	-1.141.991	46%	0	0%	-941.270	19%	-1.465.578	30%
	Fev	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-1.139.840	46%	-1.139.840	46%	-424.799	9%	-1.183.634	24%	-1.473.174	30%
	Mar	0	0%	0	0%	0	0%	-852.019	34%	-1.138.372	46%	-1.138.372	46%	-815.560	17%	-1.330.206	27%	-1.479.193	30%
	Abr	0	0%	0	0%	0	0%	-1.110.009	45%	-1.135.303	46%	-1.135.303	46%	-1.113.202	23%	-1.298.848	26%	-1.304.497	26%
	Mai	0	0%	0	0%	0	0%	-1.123.933	45%	-1.137.803	46%	-1.137.803	46%	-1.173.068	24%	-1.225.933	25%	-1.225.933	25%
	Jun	0	0%	0	0%	0	0%	-1.123.933	45%	-1.137.803	46%	-1.137.803	46%	-1.173.068	24%	-1.225.933	25%	-1.225.933	25%
	Jul	0	0%	0	0%	0	0%	-1.149.107	46%	-1.149.107	46%	-1.149.107	46%	-1.273.768	26%	-1.286.253	26%	-1.286.253	26%
	Ago	0	0%	0	0%	0	0%	-1.149.543	46%	-1.149.543	46%	-1.149.543	46%	-1.273.768	26%	-1.286.253	26%	-1.286.253	26%
	Set	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**-1.149.543**	**46%**	**-1.149.543**	**46%**	**-1.149.543**	**46%**	**-1.286.552**	**26%**	**-1.286.552**	**26%**	**-1.286.552**	**26%**
2005-2006	Out	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-2.087.700	81%	0	0%	-1.013.489	22%	-2.817.671	60%
	Nov	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-1.452.499	56%	0	0%	-1.155.276	25%	-2.742.928	58%
	Dez	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-195.547	8%	0	0%	-1.460.735	31%	-2.638.301	56%
	Jan	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-591.504	23%	-207.299	4%	-2.052.945	44%	-2.781.535	59%
	Fev	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-198.313	8%	-1.513.614	32%	-2.382.491	51%	-2.736.115	58%
	Mar	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-113.058	2%	-672.434	14%	-862.859	18%
	Abr	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-445.152	9%	-634.935	14%	-640.766	14%
	Mai	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-601.115	13%	-655.552	14%	-655.552	14%
	Jun	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-601.115	13%	-655.552	14%	-655.552	14%
	Jul	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-701.589	15%	-714.589	15%	-714.589	15%
	Ago	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-701.589	15%	-714.589	15%	-714.589	15%
	Set	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**-828.916**	**18%**	**-828.916**	**18%**	**-828.916**	**18%**

Tabela 5.38: Indicadores de base da avaliação mensal do risco de seca no regadio público, para o período 2003/04 a 2005/06.

Ano Hid.		UAG 1 – Alb. Caia							UAG 2 – Alb. Lucefecit							UAG 3 – Alb. Vigia							UAG 3 – Alb. Alqueva						
		Neces. (hm3)	Afluências (hm3)			Disp (hm3/ano)			Neces. (hm3)	Afluências (hm3)			Disp (hm3/ano)			Neces. (hm3)	Afluências (hm3)			Disp (hm3/ano)			Neces. (hm3)	Afluências (hm3)			Disp (hm3/ano)		
			P75	P50	P25	P75	P50	P25		P75	P50	P25	P75	P50	P25		P75	P50	P25	P75	P50	P25		P75 + Esc75	P50 + Esc50	P25 + Esc25	P75 + Esc75	P50 + Esc50	P25 + Esc25
2003-04	Out	32,3	172,2	38,3	0,0	254,8	124,8	88,8	6,0	142,6	34,2	0,1	143,	35,2	1,9	8,2	19,9	5,6	1,7	24,6	10,9	7,4	-	-	-	-	-	-	-
	Nov	32,3	165,9	56,1	13,7	248,6	141,4	101,6	6,0	129,5	40,7	11,3	130,	41,7	12,3	8,2	16,8	5,7	2,2	21,6	10,9	7,8	-	-	-	-	-	-	-
	Dez	32,3	137,8	66,3	40,2	220,6	150,9	126,4	6,0	101,9	45,9	25,6	92,8	36,8	16,6	8,2	17,5	9,3	6,6	22,2	14,2	11,6	-	-	-	-	-	-	-
	Jan	32,3	110,3	63,7	49,4	193,2	148,6	135,0	6,0	55,1	31,5	22,7	45,9	22,3	13,5	8,2	12,4	8,5	6,7	17,2	13,4	11,8	-	-	-	-	-	-	-
	Fev	32,3	88,0	67,1	64,9	171,5	151,7	149,6	6,0	37,8	28,5	25,2	23,9	14,7	11,4	8,2	11,5	9,7	8,8	16,3	14,5	13,7	-	-	-	-	-	-	-
	Mar	32,3	71,8	71,0	71,0	156,2	155,4	155,4	6,0	26,4	24,7	24,1	11,5	9,8	9,2	8,2	10,5	9,5	9,1	15,3	14,3	14,0	-	-	-	-	-	-	-
	Abr	32,3	72,7	72,7	72,7	157,1	157,1	157,1	6,0	24,2	23,9	23,7	9,2	8,8	8,7	8,2	9,9	9,6	9,6	14,7	14,4	14,4	-	-	-	-	-	-	-
	Mai	32,3	72,7	72,7	72,7	157,1	157,1	157,1	6,0	24,1	23,8	23,8	9,0	8,8	8,7	8,2	9,7	9,6	9,6	14,4	14,3	14,3	-	-	-	-	-	-	-
	Jun	32,3	72,7	72,7	72,7	157,1	157,1	157,1	6,0	23,9	23,8	23,7	8,9	8,8	8,7	8,2	9,6	9,6	9,6	14,4	14,3	14,3	-	-	-	-	-	-	-
	Jul	32,3	72,7	72,7	72,7	157,2	157,2	157,2	6,0	23,9	23,8	23,7	8,9	8,8	8,7	8,2	9,6	9,6	9,6	14,4	14,3	14,3	-	-	-	-	-	-	-
	Ago	32,3	72,7	72,7	72,7	157,3	157,3	157,3	6,0	23,9	23,8	23,8	8,9	8,8	8,8	8,2	9,6	9,6	9,6	14,4	14,3	14,3	-	-	-	-	-	-	-
	Set	32,3	72,7	72,7	72,7	157,3	157,3	157,3	6,0	23,8	23,8	23,8	8,8	8,8	8,8	8,2	9,6	9,6	9,6	13,2	13,2	13,2	-	-	-	-	-	-	-
2004-05	Out	30,23	155,8	22,2	0,0	181,8	122,6	101,7	5,4	140,2	32,9	0,0	10,1	9,1	2,2	8,1	17,3	4,3	1,1	15,8	9,2	6,3	-	-	-	-	-	-	-
	Nov	30,23	101,4	2,5	2,5	181,8	104,1	104,1	5,4	95,5	20,2	0,3	9,9	8,8	2,5	8,1	11,9	2,7	0,4	15,6	7,8	5,7	-	-	-	-	-	-	-
	Dez	30,23	40,7	2,9	2,9	140,1	104,4	104,4	5,4	52,0	10,6	0,4	9,6	8,7	2,6	8,1	7,7	1,7	0,2	12,3	6,9	5,5	-	-	-	-	-	-	-
	Jan	30,23	2,9	2,9	2,9	104,4	104,4	104,4	5,4	18,1	2,7	0,4	9,2	4,7	2,6	8,1	4,0	1,1	0,1	9,0	6,4	5,5	-	-	-	-	-	-	-
	Fev	30,23	2,9	2,9	2,9	104,5	104,5	104,5	5,4	5,4	0,4	0,4	7,1	2,6	2,6	8,1	2,0	0,6	0,0	7,3	6,0	5,4	-	-	-	-	-	-	-
	Mar	30,23	2,9	2,9	2,9	104,7	104,7	104,7	5,4	1,2	0,4	0,4	3,3	2,6	2,6	8,1	1,3	0,3	0,0	6,6	5,7	5,4	-	-	-	-	-	-	-
	Abr	30,23	2,9	2,9	2,9	104,8	104,8	104,8	5,4	0,5	0,4	0,4	2,7	2,6	2,6	8,1	0,7	0,4	0,4	6,1	5,8	5,7	-	-	-	-	-	-	-
	Mai	30,23	2,9	2,9	2,9	104,8	104,8	104,8	5,4	0,5	0,4	0,4	2,6	2,6	2,6	8,1	0,6	0,5	0,5	6,0	5,9	5,9	-	-	-	-	-	-	-
	Jun	30,23	2,9	2,9	2,9	104,7	104,7	104,7	5,4	0,4	0,4	0,4	2,6	2,6	2,6	8,1	0,6	0,5	0,5	5,9	5,9	5,9	-	-	-	-	-	-	-
	Jul	30,23	2,9	2,9	2,9	104,8	104,8	104,8	5,4	0,4	0,4	0,4	2,6	2,6	2,6	8,1	0,6	0,5	0,5	5,8	5,8	5,8	-	-	-	-	-	-	-
	Ago	30,23	2,9	2,9	2,9	104,8	104,8	104,8	5,4	0,4	0,4	0,4	2,6	2,6	2,6	8,1	0,6	0,5	0,5	5,8	5,8	5,8	-	-	-	-	-	-	-
	Set	30,23	2,9	2,9	2,9	104,8	104,8	104,8	5,4	0,4	0,4	0,4	2,6	2,6	2,6	8,1	0,5	0,5	0,5	5,8	5,8	5,8	-	-	-	-	-	-	-
2005-06	Out	26,1	159,5	25,8	0,0	181,5	81,2	57,1	4,6	133,0	29,1	0,0	10,0	8,9	0,5	7,3	18,1	4,7	1,3	15,8	5,6	2,4	2,2	2609	1124	529	4060	2645	2077
	Nov	26,1	125,2	16,4	2,7	174,7	72,4	59,6	4,6	105,3	25,6	1,4	9,8	8,9	1,7	7,3	14,8	4,4	1,4	14,6	5,3	2,6	2,2	2385	1099	600	3846	2619	2143
	Dez	26,1	83,5	14,5	7,2	135,5	70,6	63,8	4,6	66,5	19,4	4,2	9,6	8,8	4,3	7,3	11,1	3,9	1,6	11,3	4,8	2,7	2,2	1940	1021	625	3423	2544	2166
	Jan	26,1	49,0	10,2	9,9	103,1	66,6	66,4	4,6	28,9	9,7	3,3	9,4	8,7	3,5	7,3	6,2	2,7	1,4	7,0	3,8	2,5	2,2	1486	904	623	2991	2433	2164
	Fev	26,1	21,6	12,8	12,8	77,3	69,1	69,1	4,6	13,8	6,5	4,2	9,3	6,3	4,2	7,3	3,7	2,1	1,4	4,7	3,2	2,6	2,2	1139	843	662	2662	2376	2202
	Mar	26,1	32,6	28,4	28,3	87,6	83,7	83,7	4,6	11,5	9,9	9,3	9,3	8,8	8,6	7,3	6,4	5,3	5,0	7,1	6,2	5,8	2,2	1199	1007	892	2720	2534	2423
	Abr	26,1	30,7	30,7	30,7	85,9	85,9	85,9	4,6	9,7	9,3	9,2	9,1	8,8	8,6	7,3	5,7	5,4	5,4	6,6	6,2	6,2	2,2	1038	937	866	2563	2465	2396
	Mai	26,1	30,7	30,7	30,7	86,0	86,0	86,0	4,6	9,4	9,2	9,2	8,9	8,7	8,6	7,3	5,5	5,4	5,4	6,3	6,2	6,2	2,2	978	918	872	2504	2446	2400
	Jun	26,1	30,7	30,7	30,7	85,9	85,9	85,9	4,6	9,5	9,3	9,3	8,9	8,7	8,7	7,3	5,4	5,4	5,4	6,2	6,1	6,1	2,2	1000	963	935	2526	2489	2461
	Jul	26,1	30,7	30,7	30,7	85,9	85,9	85,9	4,6	9,5	9,3	9,3	8,9	8,7	8,7	7,3	5,4	5,4	5,4	6,1	6,1	6,1	2,2	1007	978	959	2531	2502	2483
	Ago	26,1	30,7	30,7	30,7	85,9	85,9	85,9	4,6	9,5	9,4	9,3	8,9	8,8	8,7	7,3	5,4	5,4	5,4	6,1	6,1	6,1	2,2	1036	1020	1010	2559	2542	2532
	Set	26,1	30,7	30,7	30,7	85,9	85,9	85,9	4,6	9,5	9,5	9,5	8,9	8,9	8,9	7,3	5,4	5,4	5,4	5,9	5,9	5,9	2,2	1083	1083	1083	2604	2604	2604

Tal como descrito nos pontos 4.3.2 e 4.5.4, a avaliação socioeconómica de impactos de seca, no regadio público, tem por base a avaliação das disponibilidades expectáveis nas principais albufeiras públicas, face aos volumes existentes no início do ano hidrológico e a evolução dos mesmos nesse espaço temporal. Como tal, a avaliação das disponibilidades, em cada mês, será variável de acordo com as afluências expectáveis segundo os diferentes cenários de precipitação, uma vez que o volume existente em albufeira, em Outubro, será igual para todos os cenários[174]. Isso mesmo surge reflectido, de forma exemplificativa na Figura 5.4, e na Tabela 5.38, onde são indicados, em cada mês, para cada albufeira pública, as afluências expectáveis nos 3 cenários de precipitação e ainda as disponibilidades correspondentes, atendendo ao volume morto, às perdas por evaporação dessas albufeiras, bem como eventuais consumos prioritários, tais como para o sector do abastecimento urbano (no caso das albufeiras do Caia e da Vigia), de acordo com o descrito em 4.5.4. Ainda na Tabela 5.38, são destacados os valores mensais, em cada cenário de precipitação, em que as disponibilidades expectáveis não são suficientes para a satisfação integral das estimativas de necessidades de rega associadas a essas albufeiras. Foram esses valores que serviram de base à estimativa mensal das perdas económicas, para cada cenário, que são apresentadas e comparadas com o rendimento global do subsector (%), na Tabela 5.37.

Assim, verifica-se que, no caso das albufeiras do Caia (UAG 1) e do Alqueva (UAG 3), a avaliação de disponibilidades (Tabela 5.38) não aponta qualquer situação de limitação, no período de avaliação. Tal deve-se às elevadas capacidades de armazenamento destas albufeiras, por comparação com as respectivas necessidades associadas, estimadas para esses anos. No caso especial da albufeira de Alqueva, as utilizações, em 2005/06, eram ainda bastante reduzidas (apenas para o perímetro de rega de Aldeia da Luz), face à capacidade total dessa albufeira, pelo que os impactos indicados na avaliação mensal da UAG 3 (Tabela 5.37) se devem exclusivamente à situação verificada na albufeira da Vigia.

Por outro lado, no caso da albufeira do Lucefecit (UAG 2), a indicação de eventuais restrições (Tabela 5.38) surge logo no mês de Outubro, segundo o cenário P 25 mensal, situação verificada nos 3 anos em análise. Tal salienta a importância das afluências anuais face à reduzida capacidade de albufeira, em especial por comparação com as utilizações associadas. Além disso, como se pode verificar na Tabela 5.37, no ano de 2004/05, a ocorrência de impactos, nas áreas associadas a esta albufeira, era previsível, segundo o cenário P 50 mensal, desde o mês de Janeiro de 2005. No mês de Fevereiro, o valor previsto segundo o cenário P 50 mensal é, até, bastante próximo do realmente verificado no final do ano hidrológico, i.e., em Setembro.

Comparando a situação desta albufeira com os impactos reais verificados na situação de seca de 2004/05, descritos em 3.3.6, mais concretamente na Tabela 3.17, verifica-se que, nesses elementos, surgem os primeiros indícios de falta de disponibilidades em albufeira no mês de Fevereiro, o que vem corroborar os resultados obtidos nesta avaliação do risco de seca mensal.

[174] Ver capacidade útil das albufeiras nos meses de Outubro de 2003, 2004 e 2005, na Tabela 5.12.

Por fim, de acordo com os valores da Tabela 5.38, em relação ao ano de 2005/06, o nível de afluências à albufeira do Lucefecit foi superior à capacidade de armazenamento da mesma, sendo previsível desde o mês de Março de 2006, segundo os 3 cenários, que não haveria qualquer tipo de limitações à utilização de água para rega nessa albufeira, apesar do esvaziamento da mesma no ano anterior. Por análise dos relatórios mensais de acompanhamento da fase de alívio da situação de seca de 2004/05, até Março de 2006 (INAG *et al*, 2006), verifica-se que a albufeira do Lucefecit é ainda referida, em Janeiro de 2006, como uma das albufeiras públicas, da região do Alentejo, que possuía um nível de armazenamento abaixo do normal. Não obstante, deixa de haver qualquer referência à situação desta albufeira no mês de Março de 2006.

No caso da albufeira da Vigia (UAG 3), a capacidade de armazenamento é, também, reduzida face às utilizações associadas, ainda que, em termos relativos, não tanto como no caso da albufeira do Lucefecit. No entanto, a albufeira da Vigia constitui, também, uma origem de água importante para o sector do abastecimento urbano, com prioridade legal. De acordo com o indicado no ponto 4.5.4, a avaliação de disponibilidades para rega é efectuada considerando que, às disponibilidades totais em albufeira, são subtraídos os consumos anuais para o sector do abastecimento urbano[175]. A albufeira da Vigia apresenta, assim, alguma vulnerabilidade à variação do regime de afluências, como se verifica, nos 3 anos analisados, pelos previsíveis impactos segundo o cenário P 25 mensal (Tabelas 5.37 e 5.38), no mês de Outubro. Em 2004/05 verifica-se, inclusivamente, que, face aos reduzidos valores de precipitação verificados em Novembro de 2004, no final desse mês eram já expectáveis impactos de seca segundo o cenário de P 50 mensal, nas áreas de regadio, associadas a esta albufeira. No mês de Fevereiro de 2005, porém, a avaliação segundo os 3 cenários de precipitação já apontava para a muito provável ocorrência de impactos de seca (Tabela 5.37), sendo, o valor de perdas obtido no cenário P 50 mensal, já muito próximo da afectação verificada no final do ano hidrológico (em Setembro).

Comparando esta avaliação com a ocorrência de impactos reais, no ano de 2004/05, tal como efectuado para a albufeira do Lucefecit, verifica-se (na Tabela 3.17) que a indicação de falta de água para as necessidades do perímetro de rega da Vigia, surge um pouco mais tarde do que na presente avaliação, i.e., no mês de Fevereiro de 2005.

No ano de 2005/06, todavia, face ao reduzido volume de água presente na albufeira no início do ano hidrológico, e a um nível de afluências inferior às necessidades de rega (Tabela 5.37), verifica-se, novamente, a ocorrência de impactos de seca (Tabela 5.36), embora estes sejam mais ligeiros do que os verificados no ano de 2004/05. No que toca à avaliação mensal do risco de seca verifica-se que, centrando a análise no cenário P 50 mensal, esses impactos eram previsíveis desde o mês de Outubro de 2005 (Tabela 5.37). De facto, segundo os relatórios mensais de acompanhamento de Janeiro a Março de 2006 (INAG *et al*, 2006) a albufeira da Vigia é apontada como uma das albufeiras em situação mais crítica, sendo mesmo referido, em Fevereiro e Março de 2006, que as utilizações para rega a partir dessa albufeira iriam ser alvo de restrições nesse ano, de modo a garantir os volumes necessários para o sector do abastecimento urbano.

[175] Os valores de disponibilidades apresentados na Tabela 5.38 correspondem ao resultado final, deduzidas as necessidades para o sector do abastecimento urbano.

Assim, face aos resultados apresentados, é possível considerar que a presente avaliação do risco de seca permite, no subsector da agricultura de regadio público, obter um alerta prévio para a possível ocorrência de impactos de seca, tomando como base o sucedido na seca de 2004/05. Não obstante, face aos limitados registos de impactos de seca existentes, esta avaliação deverá ser sempre aferida com novas situações de seca que venham a ocorrer e correspondentes registos de impactos associados.

5.2.1.3 Agricultura de regadio privado

Para o subsector do regadio privado apresentam-se, na Tabela 5.39, os resultados mensais obtidos, para gestão do risco de seca, no período de 2003/04 a 2005/06. Tal como efectuado para os subsectores do sequeiro e do regadio público são sistematizados, nas Tabelas 5.40 a 5.42, os valores dos indicadores de base determinantes para essa avaliação, nas UAG 1, 2 e 3, nomeadamente referentes às disponibilidades associadas às captações no MAI, às pequenas albufeiras e às captações nos sistemas aquíferos.

No primeiro caso, é avaliada a proporção da precipitação anual prevista em cada mês (ou real, em Setembro), relativamente à precipitação da situação de referência respectiva, em cada UAG.

Para as pequenas albufeiras é feita uma previsão das afluências desse ano, com base na relação P anual-Esc anual, tal como descrito em 5.1.1, e um balanço das disponibilidades nessas albufeiras, atendendo à capacidade das mesmas e ao volume disponível resultante do balanço (disponibilidades-necessidades) do ano anterior.

No caso dos sistemas aquíferos Elvas-Campo Maior e Elvas-Vila Boim, é feita uma previsão de disponibilidades com base nas previsões de P anual e dos níveis piezométricos reais que vão sendo monitorizados, atendendo aos modelos respectivos definidos em 4.5.2. No caso específico do aquífero Estremoz-Cano, a previsão de evolução do NP global, também segundo o descrito em 4.5.2, é comparada com o limiar de exploração definido para o sector em 4.5.2.4. Como exemplo das simulações efectuadas, em cada mês, para previsão da evolução do NP global no aquífero Estremoz-Cano, apresenta-se, na Figura 5.5, a previsão em Janeiro de 2005, segundo os cenários de precipitação (descritos na Tabela 5.34).

Tabela 5.39: Resultados da avaliação socioeconómica mensal do risco de seca no regadio privado, para o período 2003/04 a 2005/06.

Regadio privado		UAG 1						UAG 2						UAG 3					
		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal	
		€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend
2003-2004	Out	0	0%	0	0%	-6.459.663	22%	0	0%	0	0%	-4.241.293	30%	0	0%	0	0%	-4.256.684	11%
	Nov	0	0%	0	0%	-915.784	3%	0	0%	0	0%	-1.343.064	10%	0	0%	0	0%	-3.280.241	8%
	Dez	0	0%	0	0%	-108.472	0%	0	0%	0	0%	-68.412	0%	0	0%	0	0%	-1.190.860	3%
	Jan	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-110.385	1%	0	0%	0	0%	-1.099.890	3%
	Fev	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-361.418	1%
	Mar	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-88.335	0%
	Abr	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-134.712	0%
	Mai	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Jun	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Jul	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Ago	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Set	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**
2004-2005	Out	0	0%	0	0%	-6.936.054	24%	0	0%	0	0%	-2.973.329	21%	0	0%	0	0%	-5.123.464	13%
	Nov	0	0%	0	0%	-7.222.142	25%	0	0%	0	0%	-3.170.270	23%	0	0%	0	0%	-5.686.291	14%
	Dez	0	0%	-124.510	0%	-7.422.755	25%	0	0%	-67.472	0%	-3.273.821	23%	0	0%	0	0%	-5.893.820	15%
	Jan	0	0%	-2.555.278	9%	-8.067.892	28%	0	0%	-1.126.146	8%	-3.650.774	26%	0	0%	-2.379.749	6%	-6.632.422	17%
	Fev	0	0%	-6.472.434	22%	-8.719.948	30%	0	0%	-2.962.206	21%	-3.885.291	28%	-242.213	1%	-4.239.267	11%	-6.920.312	17%
	Mar	-479.721	2%	-6.911.261	24%	-8.430.560	29%	-212.984	2%	-3.146.357	23%	-3.809.032	27%	-1.450.397	4%	-5.031.080	13%	-6.859.869	17%
	Abr	-5.747.618	20%	-7.583.281	26%	-8.628.180	29%	-1.819.714	13%	-3.517.856	25%	-3.914.762	28%	-4.178.255	10%	-6.097.627	15%	-7.100.119	18%
	Mai	-6.392.327	22%	-7.780.574	27%	-8.228.255	28%	-2.312.389	17%	-3.376.910	24%	-3.617.151	26%	-4.288.624	11%	-5.570.323	14%	-6.244.726	16%
	Jun	-7.200.563	25%	-7.954.119	27%	-8.232.337	28%	-3.095.239	22%	-3.476.568	25%	-3.637.833	26%	-5.303.633	13%	-5.908.166	15%	-6.277.403	16%
	Jul	-7.248.068	25%	-7.959.434	27%	-8.227.105	28%	-3.130.858	22%	-3.475.763	25%	-3.631.121	26%	-5.397.336	14%	-5.907.420	15%	-6.264.230	16%
	Ago	-7.317.583	25%	-7.918.787	27%	-8.180.832	28%	-3.171.616	23%	-3.451.934	25%	-3.601.409	26%	-5.483.221	14%	-5.866.543	15%	-6.206.231	16%
	Set	**-8.199.459**	**28%**	**-8.199.459**	**28%**	**-8.199.459**	**28%**	**-3.627.238**	**26%**	**-3.627.238**	**26%**	**-3.627.238**	**26%**	**-6.372.408**	**16%**	**-6.372.408**	**16%**	**-6.372.408**	**16%**
2005-2006	Out	0	0%	0	0%	-8.956.253	31%	0	0%	0	0%	-5.140.091	37%	0	0%	0	0%	-13.391.057	34%
	Nov	0	0%	0	0%	-8.532.194	29%	0	0%	0	0%	-4.506.253	32%	0	0%	0	0%	-12.504.346	31%
	Dez	0	0%	0	0%	-8.125.214	28%	0	0%	0	0%	-3.601.252	26%	0	0%	0	0%	-11.923.505	30%
	Jan	0	0%	0	0%	-8.125.269	28%	0	0%	0	0%	-3.964.347	28%	0	0%	0	0%	-11.946.094	30%
	Fev	0	0%	0	0%	-7.944.056	27%	0	0%	0	0%	-3.444.746	25%	0	0%	0	0%	-8.574.437	21%
	Mar	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-122.790	1%	0	0%	0	0%	-268.992	1%
	Abr	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-14.603	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Mai	0	0%	0	0%	-192.810	1%	0	0%	0	0%	-154.629	1%	0	0%	0	0%	-296.984	1%
	Jun	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Jul	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Ago	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Set	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**	**0**	**0%**

Tabela 5.40: Indicadores de base da avaliação mensal do risco de seca no regadio privado, para o período 2003/04 a 2005/06 – Captações MAI.

Capta. MAI	UAG 1									UAG 2									UAG 3								
	P 75 mensal			P 50 mensal			P 25 mensal			P 75 mensal			P 50 mensal			P 25 mensal			P 75 mensal			P 50 mensal			P 25 mensal		
	P (mm)	P/ P Ref	Défice (hm3)	P (mm)	P/ P Ref	Défice (hm3)	P (mm)	P/ P Ref	Défice (hm3)	P (mm)	P/ P Ref	Défice (hm3)	P (mm)	P/ P Ref	Défice (hm3)	P (mm)	P/ P Ref	Défice (hm3)	P (mm)	P/ P Ref	Défice (hm3)	P (mm)	P/ P Ref	Défice (hm3)	P (mm)	P/ P Ref	Défice (hm3)
Ref (mm)	483,75	1,00	-	483,75	1,00	-	483,75	1,00	-	492,25	1,00	-	492,25	1,00	-	492,25	1,00	-	450,53	1,00	-	450,53	1,00	-	450,53	1,00	-
Out-03	944,20	1,95	0,00	593,70	1,23	0,00	373,28	0,77	3,63	958,98	1,95	0,00	595,61	1,21	0,00	364,73	0,74	1,81	818,68	1,82	0,00	539,40	1,20	0,00	325,79	0,72	4,58
Nov-03	933,99	1,93	0,00	626,03	1,29	0,00	449,23	0,93	1,14	944,04	1,92	0,00	620,79	1,26	0,00	431,59	0,88	0,86	789,97	1,75	0,00	551,24	1,22	0,00	361,28	0,80	3,28
Dez-03	864,69	1,79	0,00	624,12	1,29	0,00	478,53	0,99	0,17	898,20	1,82	0,00	633,15	1,29	0,00	482,76	0,98	0,13	760,14	1,69	0,00	560,29	1,24	0,00	398,69	0,88	1,90
Jan-04	811,16	1,68	0,00	614,49	1,27	0,00	491,75	1,02	0,00	801,02	1,63	0,00	591,29	1,20	0,00	476,95	0,97	0,22	686,83	1,52	0,00	537,37	1,19	0,00	402,00	0,89	1,78
Fev-04	746,20	1,54	0,00	591,94	1,22	0,00	496,03	1,03	0,00	740,74	1,50	0,00	574,23	1,17	0,00	494,48	1,00	0,00	644,98	1,43	0,00	531,60	1,18	0,00	434,52	0,96	0,59
Mar-04	687,92	1,42	0,00	580,60	1,20	0,00	515,78	1,07	0,00	685,49	1,39	0,00	566,23	1,15	0,00	508,98	1,03	0,00	607,19	1,35	0,00	512,84	1,14	0,00	446,62	0,99	0,14
Abr-04	638,79	1,32	0,00	560,36	1,16	0,00	515,78	1,07	0,00	623,55	1,27	0,00	543,27	1,10	0,00	508,98	1,03	0,00	550,36	1,22	0,00	480,86	1,07	0,00	444,56	0,99	0,22
Mai-04	604,50	1,25	0,00	545,24	1,13	0,00	526,14	1,09	0,00	592,08	1,20	0,00	536,76	1,09	0,00	516,00	1,05	0,00	524,21	1,16	0,00	477,80	1,06	0,00	453,38	1,01	0,00
Jun-04	569,74	1,18	0,00	537,59	1,11	0,00	525,72	1,09	0,00	559,86	1,14	0,00	526,91	1,07	0,00	512,98	1,04	0,00	488,59	1,08	0,00	466,70	1,04	0,00	453,33	1,01	0,00
Jul-04	567,74	1,17	0,00	537,39	1,11	0,00	525,97	1,09	0,00	556,50	1,13	0,00	526,70	1,07	0,00	513,28	1,04	0,00	484,77	1,08	0,00	466,30	1,04	0,00	453,38	1,01	0,00
Ago-04	587,34	1,21	0,00	561,69	1,16	0,00	550,51	1,14	0,00	563,13	1,14	0,00	538,92	1,09	0,00	526,00	1,07	0,00	488,88	1,09	0,00	475,00	1,05	0,00	462,70	1,03	0,00
Set-04	**550,04**	**1,14**	**0,00**	**550,04**	**1,14**	**0,00**	**550,04**	**1,14**	**0,00**	**533,55**	**1,08**	**0,00**	**533,55**	**1,08**	**0,00**	**533,55**	**1,08**	**0,00**	**467,97**	**1,04**	**0,00**	**467,97**	**1,04**	**0,00**	**467,97**	**1,04**	**0,00**
Out-04	923,85	1,91	0,00	573,35	1,19	0,00	352,93	0,73	4,30	952,70	1,94	0,00	589,34	1,20	0,00	358,46	0,73	1,89	952,70	2,11	0,00	589,34	1,31	0,00	358,46	0,80	3,38
Nov-04	825,49	1,71	0,00	517,53	1,07	0,00	340,73	0,70	4,71	853,89	1,73	0,00	530,64	1,08	0,00	341,44	0,69	2,13	853,89	1,90	0,00	530,64	1,18	0,00	341,44	0,76	4,01
Dez-04	718,33	1,48	0,00	477,76	0,99	0,20	332,17	0,69	4,99	747,94	1,52	0,00	482,89	0,98	0,13	332,49	0,68	2,26	747,94	1,66	0,00	482,89	1,07	0,00	332,49	0,74	4,33
Jan-05	624,05	1,29	0,00	427,38	0,88	1,85	304,64	0,63	5,89	623,99	1,27	0,00	414,26	0,84	1,10	299,93	0,61	2,72	623,99	1,39	0,00	414,26	0,92	1,33	299,93	0,67	5,53
Fev-05	526,99	1,09	0,00	372,73	0,77	3,65	276,82	0,57	6,81	525,93	1,07	0,00	359,42	0,73	1,88	279,66	0,57	3,01	525,93	1,17	0,00	359,42	0,80	3,35	279,66	0,62	6,27
Mar-05	461,31	0,95	0,74	353,99	0,73	4,27	289,17	0,60	6,40	462,76	0,94	0,42	343,51	0,70	2,11	286,25	0,58	2,92	462,76	1,03	0,00	343,51	0,76	3,93	286,25	0,64	6,03
Abr-05	403,75	0,83	2,63	325,32	0,67	5,21	280,74	0,58	6,68	391,68	0,80	1,42	311,41	0,63	2,56	277,12	0,56	3,05	391,68	0,87	2,16	311,41	0,69	5,11	277,12	0,62	6,37
Mai-05	376,16	0,78	3,54	316,90	0,66	5,49	297,80	0,62	6,12	378,91	0,77	1,60	323,59	0,66	2,39	302,83	0,62	2,68	378,91	0,84	2,63	323,59	0,72	4,66	302,83	0,67	5,42
Jun-05	341,65	0,71	4,67	309,50	0,64	5,73	297,63	0,62	6,12	347,92	0,71	2,04	314,98	0,64	2,51	301,04	0,61	2,71	347,92	0,77	3,77	314,98	0,70	4,98	301,04	0,67	5,49
Jul-05	339,62	0,70	4,74	309,27	0,64	5,74	297,85	0,62	6,12	344,85	0,70	2,09	315,05	0,64	2,51	301,62	0,61	2,70	344,85	0,77	3,88	315,05	0,70	4,97	301,62	0,67	5,47
Ago-05	336,65	0,70	4,84	311,00	0,64	5,68	299,82	0,62	6,05	341,32	0,69	2,14	317,11	0,64	2,48	304,19	0,62	2,66	341,32	0,76	4,01	317,11	0,70	4,90	304,19	0,68	5,37
Set-05	**299,83**	**0,62**	**6,05**	**299,83**	**0,62**	**6,05**	**299,83**	**0,62**	**6,05**	**301,96**	**0,61**	**2,69**	**301,96**	**0,61**	**2,69**	**301,96**	**0,61**	**2,69**	**301,96**	**0,67**	**5,45**	**301,96**	**0,67**	**5,45**	**301,96**	**0,67**	**5,45**
Out-05	930,80	1,92	0,00	580,30	1,20	0,00	359,88	0,74	4,08	933,84	1,90	0,00	570,47	1,16	0,00	339,59	0,69	2,16	798,38	1,77	0,00	519,10	1,15	0,00	305,49	0,68	5,33
Nov-05	862,77	1,78	0,00	554,81	1,15	0,00	378,01	0,78	3,48	884,01	1,80	0,00	560,76	1,14	0,00	371,56	0,75	1,71	766,32	1,70	0,00	527,59	1,17	0,00	337,63	0,75	4,15
Dez-05	781,58	1,62	0,00	541,01	1,12	0,00	395,42	0,82	2,91	806,88	1,64	0,00	541,83	1,10	0,00	391,44	0,80	1,43	720,20	1,60	0,00	520,35	1,15	0,00	358,75	0,80	3,37
Jan-06	714,83	1,48	0,00	518,16	1,07	0,00	395,42	0,82	2,91	707,68	1,44	0,00	497,95	1,01	0,00	383,61	0,78	1,54	642,76	1,43	0,00	493,30	1,09	0,00	357,93	0,79	3,40
Fev-06	653,34	1,35	0,00	499,08	1,03	0,00	403,17	0,83	2,65	641,01	1,30	0,00	474,49	0,96	0,25	394,74	0,80	1,38	587,17	1,30	0,00	473,79	1,05	0,00	376,71	0,84	2,71
Mar-06	655,88	1,36	0,00	548,56	1,13	0,00	483,74	1,00	0,00	652,44	1,33	0,00	533,18	1,08	0,00	475,93	0,97	0,23	599,18	1,33	0,00	504,83	1,12	0,00	438,61	0,97	0,44
Abr-06	613,34	1,27	0,00	534,91	1,11	0,00	490,33	1,01	0,00	604,77	1,23	0,00	524,50	1,07	0,00	490,21	1,00	0,03	558,57	1,24	0,00	489,07	1,09	0,00	452,77	1,00	0,00
Mai-06	555,51	1,15	0,00	496,25	1,03	0,00	477,15	0,99	0,22	548,61	1,11	0,00	493,28	1,00	0,00	472,53	0,96	0,28	508,20	1,13	0,00	461,79	1,03	0,00	437,37	0,97	0,48
Jun-06	562,94	1,16	0,00	530,79	1,10	0,00	518,92	1,07	0,00	555,04	1,13	0,00	522,09	1,06	0,00	508,16	1,03	0,00	491,83	1,09	0,00	469,94	1,04	0,00	456,57	1,01	0,00
Jul-06	567,63	1,17	0,00	537,28	1,11	0,00	525,86	1,09	0,00	555,04	1,13	0,00	525,24	1,07	0,00	511,82	1,04	0,00	503,03	1,12	0,00	484,56	1,08	0,00	471,64	1,05	0,00
Ago-06	571,88	1,18	0,00	546,23	1,13	0,00	535,05	1,11	0,00	562,31	1,14	0,00	538,09	1,09	0,00	525,17	1,07	0,00	507,47	1,13	0,00	493,59	1,10	0,00	481,29	1,07	0,00
Set-06	**559,84**	**1,16**	**0,00**	**559,84**	**1,16**	**0,00**	**559,84**	**1,16**	**0,00**	**553,72**	**1,12**	**0,00**	**553,72**	**1,12**	**0,00**	**553,72**	**1,12**	**0,00**	**504,29**	**1,12**	**0,00**	**504,29**	**1,12**	**0,00**	**504,29**	**1,12**	**0,00**

Tabela 5.41: Indicadores de base da avaliação mensal do risco de seca no regadio privado, para o período 2003/04 a 2005/06 – Pequenas albufeiras.

	UAG 1									UAG 2									UAG 3								
	P 75 mensal			P 50 mensal			P 25 mensal			P 75 mensal			P 50 mensal			P 25 mensal			P 75 mensal			P 50 mensal			P 25 mensal		
Pequenas albufeiras	Esc/ ref	Dispon. (hm3)	Défice (hm3)	Esc / ref	Dispon. (hm3)	Défice (hm3)	Esc / ref	Dispon. (hm3)	Défice (hm3)	Esc / ref	Dispon. (hm3)	Défice (hm3)	Esc / ref	Dispon. (hm3)	Défice (hm3)	Esc / ref	Dispon. (hm3)	Défice (hm3)	Esc / ref	Dispon. (hm3)	Défice (hm3)	Esc / ref	Dispon. (hm3)	Défice (hm3)	Esc / ref	Dispon. (hm3)	Défice (hm3)
Ref (mm)	30,7	13,42	-	30,7	13,42	-	30,7	13,42	-	61,2	5,47	-	61,2	5,47	-	61,2	5,47	-	37,7	27,38	-	37,7	27,38	-	37,7	27,38	-
Out-03	9,96	13,42	0,00	3,43	13,42	0,00	0,00	3,72	5,98	9,16	5,47	0,00	2,19	5,47	0,00	0,01	0,05	3,83	9,67	27,38	0,00	2,44	27,38	0,00	0,00	14,61	0,00
Nov-03	9,77	13,42	0,00	4,04	13,42	0,00	0,74	13,42	0,00	8,79	5,47	0,00	2,54	5,47	0,00	0,46	5,47	0,00	8,74	27,38	0,00	2,66	27,38	0,00	0,00	14,61	0,00
Dez-03	8,48	13,42	0,00	4,00	13,42	0,00	1,29	13,42	0,00	7,69	5,47	0,00	2,71	5,47	0,00	0,91	5,47	0,00	7,81	27,38	0,00	2,83	27,38	0,00	0,36	24,41	0,00
Jan-04	7,48	13,42	0,00	3,82	13,42	0,00	1,53	13,42	0,00	5,60	5,47	0,00	2,14	5,47	0,00	0,85	5,47	0,00	5,74	27,38	0,00	2,40	27,38	0,00	0,39	25,42	0,00
Fev-04	6,27	13,42	0,00	3,40	13,42	0,00	1,61	13,42	0,00	4,46	5,47	0,00	1,92	5,47	0,00	1,02	5,47	0,00	4,68	27,38	0,00	2,29	27,38	0,00	0,79	27,38	0,00
Mar-04	5,19	13,42	0,00	3,19	13,42	0,00	1,98	13,42	0,00	3,52	5,47	0,00	1,82	5,47	0,00	1,17	5,47	0,00	3,81	27,38	0,00	1,96	27,38	0,00	0,95	27,38	0,00
Abr-04	4,27	13,42	0,00	2,81	13,42	0,00	1,98	13,42	0,00	2,58	5,47	0,00	1,55	5,47	0,00	1,17	5,47	0,00	2,64	27,38	0,00	1,44	27,38	0,00	0,92	27,38	0,00
Mai-04	3,63	13,42	0,00	2,53	13,42	0,00	2,17	13,42	0,00	2,15	5,47	0,00	1,47	5,47	0,00	1,24	5,47	0,00	2,16	27,38	0,00	1,40	27,38	0,00	1,04	27,38	0,00
Jun-04	2,99	13,42	0,00	2,39	13,42	0,00	2,17	13,42	0,00	1,74	5,47	0,00	1,36	5,47	0,00	1,21	5,47	0,00	1,56	27,38	0,00	1,23	27,38	0,00	1,04	27,38	0,00
Jul-04	2,95	13,42	0,00	2,38	13,42	0,00	2,17	13,42	0,00	1,70	5,47	0,00	1,36	5,47	0,00	1,21	5,47	0,00	1,50	27,38	0,00	1,23	27,38	0,00	1,04	27,38	0,00
Ago-04	3,31	13,42	0,00	2,84	13,42	0,00	2,63	13,42	0,00	1,78	5,47	0,00	1,50	5,47	0,00	1,35	5,47	0,00	1,57	27,38	0,00	1,35	27,38	0,00	1,17	27,38	0,00
Set-04	2,62	13,42	0,00	2,62	13,42	0,00	2,62	13,42	0,00	1,44	5,47	0,00	1,44	5,47	0,00	1,44	5,47	0,00	1,25	27,38	0,00	1,25	27,38	0,00	1,25	27,38	0,00
Out-04	9,58	13,42	0,00	3,05	13,42	0,00	0,00	3,72	5,98	9,00	5,47	0,00	2,11	5,47	0,00	0,00	1,59	2,29	8,65	27,38	0,00	1,88	27,38	0,00	0,00	14,61	0,00
Nov-04	7,75	13,42	0,00	2,01	13,42	0,00	0,00	3,72	5,98	6,70	5,47	0,00	1,40	5,47	0,00	0,00	1,59	2,29	6,16	27,38	0,00	1,19	27,38	0,00	0,00	14,61	0,00
Dez-04	5,75	13,42	0,00	1,27	13,42	0,00	0,00	3,72	5,98	4,59	5,47	0,00	0,91	5,47	0,00	0,00	1,59	2,29	4,28	27,38	0,00	0,71	27,38	0,00	0,00	14,61	0,00
Jan-05	4,00	13,42	0,00	0,34	8,22	1,48	0,00	3,72	5,98	2,58	5,47	0,00	0,33	3,40	0,48	0,00	1,59	2,29	2,17	27,38	0,00	0,11	17,69	0,00	0,00	14,61	0,00
Fev-05	2,19	13,42	0,00	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	1,35	5,47	0,00	0,00	1,59	2,29	0,00	1,59	2,29	0,86	27,38	0,00	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00
Mar-05	0,97	13,42	0,00	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	0,72	5,47	0,00	0,00	1,59	2,29	0,00	1,59	2,29	0,29	22,45	0,00	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00
Abr-05	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	0,17	2,54	1,34	0,00	1,59	2,29	0,00	1,59	2,29	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00
Mai-05	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	0,09	2,10	1,78	0,00	1,59	2,29	0,00	1,59	2,29	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00
Jun-05	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	0,00	1,59	2,29	0,00	1,59	2,29	0,00	1,59	2,29	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00
Jul-05	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	0,00	1,59	2,29	0,00	1,59	2,29	0,00	1,59	2,29	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00
Ago-05	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	0,00	1,59	2,29	0,00	1,59	2,29	0,00	1,59	2,29	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00
Set-05	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	0,00	3,72	5,98	0,00	1,59	2,29	0,00	1,59	2,29	0,00	1,59	2,29	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00	0,00	14,61	0,00
Out-05	16,8	13,42	0,00	3,98	13,42	0,00	0,00	0,00	9,70	8,54	5,47	0,00	1,87	5,47	0,00	0,00	0,00	3,88	9,01	27,38	0,00	2,07	27,38	0,00	0,00	14,61	0,00
Nov-05	13,7	13,42	0,00	3,35	13,42	0,00	0,17	2,32	7,38	7,37	5,47	0,00	1,75	5,47	0,00	0,05	5,47	0,00	8,00	27,38	0,00	2,22	27,38	0,00	0,00	14,61	0,00
Dez-05	10,4	13,42	0,00	3,03	13,42	0,00	0,40	5,31	4,39	5,72	5,47	0,00	1,53	5,47	0,00	0,17	5,47	0,00	6,65	27,38	0,00	2,09	27,38	0,00	0,00	14,61	0,00
Jan-06	7,98	13,42	0,00	2,52	13,42	0,00	0,40	5,31	4,39	3,88	5,47	0,00	1,06	5,47	0,00	0,12	5,47	0,00	4,63	27,38	0,00	1,64	27,38	0,00	0,00	14,61	0,00
Fev-06	6,00	13,42	0,00	2,13	13,42	0,00	0,50	6,73	2,97	2,83	5,47	0,00	0,83	5,47	0,00	0,19	5,47	0,00	3,38	27,38	0,00	1,34	27,38	0,00	0,13	18,12	0,00
Mar-06	6,08	13,42	0,00	3,20	13,42	0,00	1,83	13,42	0,00	3,00	5,47	0,00	1,43	5,47	0,00	0,84	5,47	0,00	3,64	27,38	0,00	1,83	27,38	0,00	0,84	27,38	0,00
Abr-06	4,85	13,42	0,00	2,89	13,42	0,00	1,96	13,42	0,00	2,32	5,47	0,00	1,34	5,47	0,00	0,98	5,47	0,00	2,80	27,38	0,00	1,57	27,38	0,00	1,03	27,38	0,00
Mai-06	3,37	13,42	0,00	2,07	13,42	0,00	1,70	13,42	0,00	1,61	5,47	0,00	1,01	5,47	0,00	0,81	5,47	0,00	1,88	27,38	0,00	1,16	27,38	0,00	0,82	27,38	0,00
Jun-06	3,55	13,42	0,00	2,80	13,42	0,00	2,54	13,42	0,00	1,68	5,47	0,00	1,31	5,47	0,00	1,16	5,47	0,00	1,62	27,38	0,00	1,28	27,38	0,00	1,09	27,38	0,00
Jul-06	3,66	13,42	0,00	2,94	13,42	0,00	2,69	13,42	0,00	1,68	5,47	0,00	1,34	5,47	0,00	1,20	5,47	0,00	1,80	27,38	0,00	1,50	27,38	0,00	1,30	27,38	0,00
Ago-06	3,76	13,42	0,00	3,15	13,42	0,00	2,89	13,42	0,00	1,77	5,47	0,00	1,49	5,47	0,00	1,34	5,47	0,00	1,87	27,38	0,00	1,64	27,38	0,00	1,45	27,38	0,00
Set-06	3,47	13,42	0,00	3,47	13,42	0,00	3,47	13,42	0,00	1,67	5,47	0,00	1,67	5,47	0,00	1,67	5,47	0,00	1,82	27,38	0,00	1,82	27,38	0,00	1,82	27,38	0,00

Tabela 5.42: Indicadores de base da avaliação mensal do risco de seca no regadio privado, para o período 2003/04 a 2005/06 – Sistemas aquíferos.

Captações em sistemas aquíferos	UAG 1																		UAG 2								
	Aquífero Elvas-Campo Maior									Aquífero Elvas-Vila Boim									Aquífero Estremoz-Cano								
	P 75 mensal			P 50 mensal			P 25 mensal			P 75 mensal			P 50 mensal			P 25 mensal			P 75 mensal			P 50 mensal			P 25 mensal		
	Disp (hm3)	Défice (hm3)	%	Disp (hm3)	Défice (hm3)	%	Disp (hm3)	Défice (hm3)	%	Disp (hm3)	Défice (hm3)	%	Disp (hm3)	Défice (hm3)	%	Disp (hm3)	Défice (hm3)	%	Disp (hm3)	Défice (hm3)	%	Disp (hm3)	Défice (hm3)	%	Disp (hm3)	Défice (hm3)	%
Out-03	88,92	0,00	0,0	84,60	0,00	0,0	81,89	0,00	0,0	18,92	0,00	0,0	18,82	0,00	0,0	18,76	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Nov-03	88,80	0,00	0,0	85,00	0,00	0,0	82,82	0,00	0,0	18,92	0,00	0,0	18,83	0,00	0,0	18,78	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Dez-03	87,94	0,00	0,0	84,98	0,00	0,0	83,18	0,00	0,0	18,90	0,00	0,0	18,83	0,00	0,0	18,79	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Jan-04	87,28	0,00	0,0	84,86	0,00	0,0	83,35	0,00	0,0	18,88	0,00	0,0	18,83	0,00	0,0	18,79	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Fev-04	86,48	0,00	0,0	84,58	0,00	0,0	83,40	0,00	0,0	18,86	0,00	0,0	18,82	0,00	0,0	18,79	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Mar-04	85,76	0,00	0,0	84,44	0,00	0,0	83,64	0,00	0,0	18,85	0,00	0,0	18,82	0,00	0,0	18,80	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Abr-04	85,16	0,00	0,0	84,19	0,00	0,0	83,64	0,00	0,0	18,83	0,00	0,0	18,81	0,00	0,0	18,80	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Mai-04	84,74	0,00	0,0	84,01	0,00	0,0	83,77	0,00	0,0	18,82	0,00	0,0	18,81	0,00	0,0	18,80	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Jun-04	84,31	0,00	0,0	83,91	0,00	0,0	83,77	0,00	0,0	18,81	0,00	0,0	18,80	0,00	0,0	18,80	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Jul-04	84,28	0,00	0,0	83,91	0,00	0,0	83,77	0,00	0,0	18,81	0,00	0,0	18,80	0,00	0,0	18,80	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Ago-04	84,52	0,00	0,0	84,21	0,00	0,0	84,07	0,00	0,0	18,82	0,00	0,0	18,81	0,00	0,0	18,81	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Set-04	**84,07**	**0,00**	**0,0**	**84,07**	**0,00**	**0,0**	**84,07**	**0,00**	**0,0**	**18,81**	**0,00**	**0,0**	**18,81**	**0,00**	**0,0**	**18,81**	**0,00**	**0,0**	**-**	**0,00**	**0,0**	**-**	**0,00**	**0,0**	**-**	**0,00**	**0,0**
Out-04	88,97	0,00	0,0	84,65	0,00	0,0	81,93	0,00	0,0	18,70	0,00	0,0	18,60	0,00	0,0	18,54	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Nov-04	87,76	0,00	0,0	83,96	0,00	0,0	81,78	0,00	0,0	18,67	0,00	0,0	18,59	0,00	0,0	18,54	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Dez-04	86,44	0,00	0,0	83,47	0,00	0,0	81,68	0,00	0,0	18,64	0,00	0,0	18,58	0,00	0,0	18,53	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Jan-05	85,27	0,00	0,0	82,85	0,00	0,0	81,34	0,00	0,0	18,62	0,00	0,0	18,56	0,00	0,0	18,53	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Fev-05	84,08	0,00	0,0	82,18	0,00	0,0	81,00	0,00	0,0	18,59	0,00	0,0	18,55	0,00	0,0	18,52	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Mar-05	83,27	0,00	0,0	81,95	0,00	0,0	81,15	0,00	0,0	18,57	0,00	0,0	18,54	0,00	0,0	18,52	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Abr-05	82,56	0,00	0,0	81,59	0,00	0,0	81,04	0,00	0,0	18,55	0,00	0,0	18,53	0,00	0,0	18,52	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Mai-05	82,22	0,00	0,0	81,49	0,00	0,0	81,25	0,00	0,0	18,55	0,00	0,0	18,53	0,00	0,0	18,52	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Jun-05	81,80	0,00	0,0	81,40	0,00	0,0	81,25	0,00	0,0	18,54	0,00	0,0	18,53	0,00	0,0	18,52	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Jul-05	81,77	0,00	0,0	81,40	0,00	0,0	81,26	0,00	0,0	18,54	0,00	0,0	18,53	0,00	0,0	18,52	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Ago-05	81,73	0,00	0,0	81,42	0,00	0,0	81,28	0,00	0,0	18,54	0,00	0,0	18,53	0,00	0,0	18,52	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Set-05	**81,28**	**0,00**	**0,0**	**81,28**	**0,00**	**0,0**	**81,28**	**0,00**	**0,0**	**18,52**	**0,00**	**0,0**	**18,52**	**0,00**	**0,0**	**18,52**	**0,00**	**0,0**	**-**	**0,00**	**0,0**	**-**	**0,00**	**0,0**	**-**	**0,00**	**0,0**
Out-05	88,30	0,00	0,0	83,98	0,00	0,0	81,26	0,00	0,0	18,47	0,00	0,0	18,37	0,00	0,0	18,31	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Nov-05	87,46	0,00	0,0	83,67	0,00	0,0	81,49	0,00	0,0	18,45	0,00	0,0	18,36	0,00	0,0	18,31	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Dez-05	86,46	0,00	0,0	83,50	0,00	0,0	81,70	0,00	0,0	18,43	0,00	0,0	18,36	0,00	0,0	18,32	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Jan-06	85,64	0,00	0,0	83,21	0,00	0,0	81,70	0,00	0,0	18,41	0,00	0,0	18,35	0,00	0,0	18,32	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Fev-06	84,88	0,00	0,0	82,98	0,00	0,0	81,80	0,00	0,0	18,39	0,00	0,0	18,35	0,00	0,0	18,32	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Mar-06	84,91	0,00	0,0	83,59	0,00	0,0	82,79	0,00	0,0	18,39	0,00	0,0	18,36	0,00	0,0	18,34	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Abr-06	84,39	0,00	0,0	83,42	0,00	0,0	82,87	0,00	0,0	18,38	0,00	0,0	18,36	0,00	0,0	18,35	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Mai-06	83,67	0,00	0,0	82,94	0,00	0,0	82,71	0,00	0,0	18,36	0,00	0,0	18,35	0,00	0,0	18,34	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Jun-06	83,77	0,00	0,0	83,37	0,00	0,0	83,22	0,00	0,0	18,37	0,00	0,0	18,36	0,00	0,0	18,35	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Jul-06	83,82	0,00	0,0	83,45	0,00	0,0	83,31	0,00	0,0	18,37	0,00	0,0	18,36	0,00	0,0	18,36	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Ago-06	83,88	0,00	0,0	83,56	0,00	0,0	83,42	0,00	0,0	18,37	0,00	0,0	18,36	0,00	0,0	18,36	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0	-	0,00	0,0
Set-06	**83,73**	**0,00**	**0,0**	**83,73**	**0,00**	**0,0**	**83,73**	**0,00**	**0,0**	**18,37**	**0,00**	**0,0**	**18,37**	**0,00**	**0,0**	**18,37**	**0,00**	**0,0**	**-**	**0,00**	**0,0**	**-**	**0,00**	**0,0**	**-**	**0,00**	**0,0**

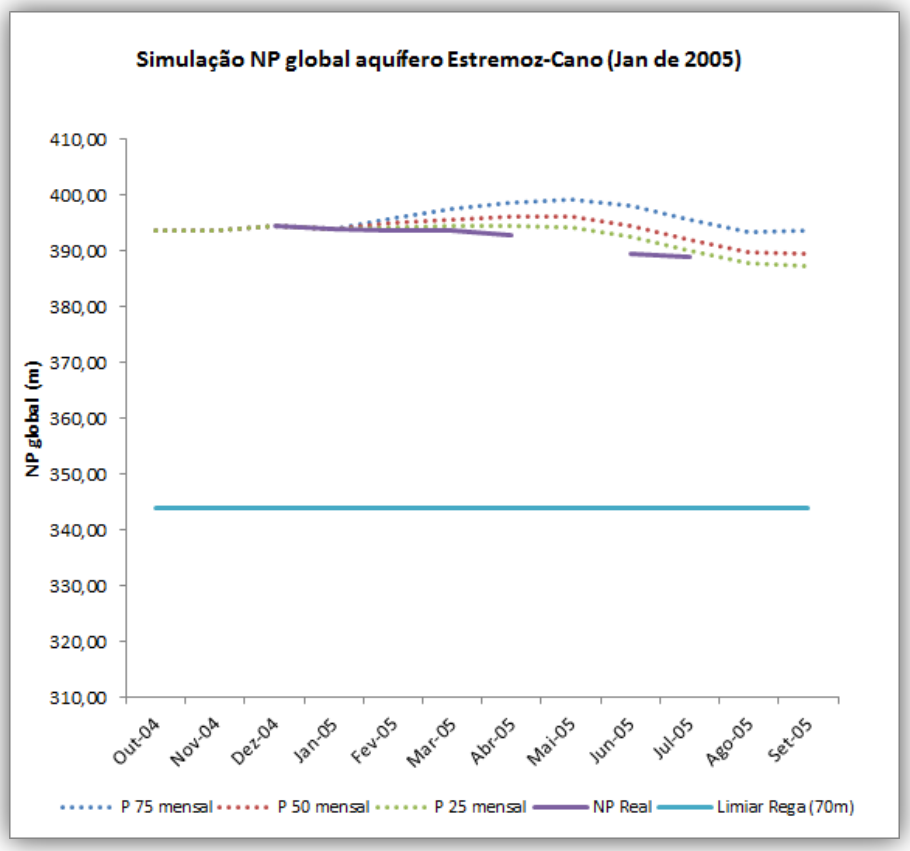


Figura 5.5: Simulação da evolução do NP global do aquífero Estremoz-Cano, em Janeiro de 2005, segundo os 3 cenários de precipitação mensal (P 75, P 50 e P 25 mensal) e comparação com limiar definido para o sector agrícola (rega).

Como já havia sido destacado no ponto 5.1.1, não se verificaram quaisquer problemas no subsector do regadio privado nos anos de 2003/04 e 2005/06. Isso mesmo seria previsível de acordo com a metodologia proposta, por avaliação mensal do risco de seca segundo o cenário P 50 mensal (Tabela 5.39). Ainda assim, considerando a UAG 1 como exemplo e centrando, mais uma vez, a avaliação nos resultados obtidos para esse cenário, verifica-se que os primeiros indícios de problemas, neste subsector, no ano de 2004/05, surgem logo em Dezembro de 2004, sendo confirmados no final do ano hidrológico em causa, ou seja, em Setembro de 2005. Por análise das Tabelas 5.40 e 5.41, é possível confirmar que esses problemas se devem, a partir do mês de Dezembro, às falhas verificadas nas captações do MAI, bem como, a partir do mês de Janeiro, às reduzidas disponibilidades existentes nas pequenas albufeiras, que terminam o ano de 2004/05 com a capacidade de armazenamento esgotada, confirmando-se a ocorrência de défice. Não obstante, ainda na UAG 1, verifica-se, nos 3 anos considerados (Tabela 5.39) que, segundo o cenário P 25 mensal existe sempre uma indicação de potenciais problemas no mês Outubro, também devidos à vulnerabilidade das pequenas albufeiras e das captações do MAI (Tabelas 5.40 e 5.41). No caso específico de 2005/06, verifica-se, ainda, que segundo o cenário P 25 mensal, a indicação de potenciais problemas permanece até ao mês de Maio de 2006, devido, mais uma vez, às captações no MAI e às pequenas albufeiras. Tal permite reflectir que,

no início desse ano, os níveis de precipitação, apesar de estarem acima da situação de referência, não foram tão elevados como no início de 2003/04, facto agravado pelo esgotamento da capacidade das pequenas albufeiras no ano de 2004/05 (Tabela 5.41).

A partir da Tabela 5.39, pode também verificar-se que a situação na UAG 2, em 2004/05, foi próxima da verificada para a UAG 1, e que, na UAG 3, se verificou uma situação menos gravosa do que nestas duas. De facto, na UAG 3 verifica-se que a menor importância relativa dos impactos estimados se deve ao facto de não ocorrerem quaisquer problemas nas pequenas albufeiras, no período de 3 anos analisado (Tabela 5.41). Como razão para essa situação, salienta-se a capacidade de armazenamento elevada, capaz de suportar, sem necessidade de reforço, mais de 2 anos das necessidades associadas.

Por fim, refira-se que os aquíferos existentes (nas UAG 1 e 2) não apresentam qualquer problema para a satisfação das necessidades agrícolas que lhes estão associadas (Tabela 5.42), salientando-se que, no caso do aquífero Estremoz-Cano (UAG 2), foi considerado um limiar de exploração de profundidade mais elevada (70m), para o sector agrícola, do que para o abastecimento urbano, pelas características apontadas em 4.5.2 para as captações desse género, na região. Tal é evidenciado na Figura 5.5, exemplificativa da simulação da evolução do NP global do sistema aquífero em Janeiro de 2005, segundo os cenários de precipitação considerados.

5.2.1.4 Abastecimento Urbano

Os resultados obtidos na avaliação socioeconómica mensal do risco de seca no sector do abastecimento urbano, no período de Outubro de 2003 a Setembro de 2006, encontram-se sistematizados na Tabela 5.43. Tal como efectuado para os diferentes subsectores agrícolas, são, ainda, apresentados os indicadores de base referentes à previsão de disponibilidades para abastecimento urbano nas albufeiras públicas (Tabela 5.44) e nos principais sistemas aquíferos (Tabela 5.45). Refira-se, ainda que, para as captações no MAI, se consideram os mesmos resultados mensais de P/ P ref, apresentados para cada UAG e cenário de precipitação mensal, na Tabela 5.40, para avaliação do subsector de regadio privado.

Atento o caso específico do aquífero Estremoz-Cano, único em que, como explicitado em 4.5.2.4, foram detectados impactos decorrentes do abastecimento urbano, é novamente representada, na Figura 5.6, a simulação utilizada para análise do regadio privado (ponto anterior – Figura 5.5), mas assinalando, desta feita, os limiares de exploração considerados para o abastecimento urbano, para esse sistema aquífero, de acordo com o estipulado em 4.5.2.4.

Tabela 5.43: Resultados da avaliação socioeconómica mensal do risco de seca no abastecimento urbano, para o período 2003/04 a 2005/06.

Abastecimento Urbano	UAG 1						UAG 2						UAG 3					
	P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal	
	Custos €	% Custos	Custos €	% Custos	Custos €	% Custos	Custos €	% Custos	Custos €	% Custos	Custos €	% Custos	Custos €	% Custos	Custos €	% Custos	Custos €	% Custos
Out-03	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-157.890	4%
Nov-03	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-123.600	3%
Dez-03	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-108.600	3%
Jan-04	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-108.600	3%
Fev-04	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Mar-04	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Abr-04	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Mai-04	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Jun-04	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Jul-04	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Ago-04	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Set-04	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Out-04	0	0%	0	0%	-910	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-195.820	5%
Nov-04	0	0%	0	0%	-39.260	1%	0	0%	0	0%	-42.770	3%	0	0%	0	0%	-243.060	6%
Dez-04	0	0%	0	0%	-75.660	3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-232.840	5%
Jan-05	0	0%	0	0%	-188.080	7%	0	0%	0	0%	-102.960	8%	0	0%	-123.600	3%	-310.420	7%
Fev-05	0	0%	0	0%	-267.530	9%	0	0%	0	0%	-149.240	12%	0	0%	-157.760	4%	-332.050	8%
Mar-05	0	0%	-910	0%	-235.710	8%	0	0%	-100.750	8%	-148.070	12%	-108.600	3%	-197.590	5%	-315.620	7%
Abr-05	0	0%	-129.400	5%	-252.270	9%	-100.750	8%	-201.500	16%	-271.620	22%	-162.700	4%	-267.680	6%	-336.210	8%
Mai-05	0	0%	-147.210	5%	-202.510	7%	-100.750	8%	-201.370	16%	-267.070	21%	-165.300	4%	-240.460	6%	-286.190	7%
Jun-05	-35.880	1%	-162.810	6%	-202.900	7%	-325.800	26%	-325.800	26%	-327.750	26%	-218.960	5%	-263.260	6%	-286.970	7%
Jul-05	-43.420	2%	-163.330	6%	-202.380	7%	-158.860	13%	-201.370	16%	-203.190	16%	-221.300	5%	-263.260	6%	-286.580	7%
Ago-05	-54.600	2%	-159.820	6%	-198.220	7%	-201.370	16%	-201.370	16%	-202.800	16%	-223.380	5%	-247.220	6%	-270.280	6%
Set-05	-198.220	7%	-198.220	7%	-198.220	7%	-160.680	13%	-160.680	13%	-160.680	13%	-289.180	7%	-289.180	7%	-289.180	7%
Out-05	0	0%	0	0%	-520	0%	0	0%	0	0%	-325.800	26%	0	0%	0	0%	-192.780	5%
Nov-05	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-325.800	26%	0	0%	0	0%	-141.850	3%
Dez-05	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-325.800	26%	0	0%	0	0%	-138.600	3%
Jan-06	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-201.370	16%	0	0%	0	0%	-138.600	3%
Fev-06	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-143.390	11%	0	0%	0	0%	-123.600	3%
Mar-06	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-100.750	8%	0	0%	0	0%	0	0%
Abr-06	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	-100.750	8%	0	0%	0	0%	0	0%
Mai-06	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Jun-06	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Jul-06	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Ago-06	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Set-06	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%

Tabela 5.44: Indicadores de base da avaliação mensal do risco de seca no abastecimento urbano, para o período 2003/04 a 2005/06 – albufeiras públ.

Albufeiras públicas		Alb. Caia – UAG 1					Alb. Vigia – UAG 3					Alb. Monte Novo – UAG 3				
		Cap útil Out (hm3)	Necessidades (hm3)	Disp (hm3/ano)			Cap útil Out (hm3)	Necessidades (hm3)	Disp (hm3/ano)			Cap útil Out (hm3)	Necessidades (hm3)	Disp (hm3/ano)		
				P 75 mensal	P 50 mensal	P 25 mensal			P 75 mensal	P 50 mensal	P 25 mensal			P 75 mensal	P 50 mensal	P 25 mensal
2003-2004	Out	52%	2,76	257,61	127,51	91,61	52%	1,66	26,24	12,52	9,04	73%	4,23	23,49	12,82	9,94
	Nov	52%	2,76	251,34	144,17	104,40	52%	1,66	23,23	12,57	9,46	73%	4,23	21,00	12,50	9,76
	Dez	52%	2,76	223,36	153,69	129,19	52%	1,66	23,85	15,82	13,30	73%	4,23	21,42	14,98	12,53
	Jan	52%	2,76	195,92	151,32	137,77	52%	1,66	18,85	15,03	13,44	73%	4,23	17,27	13,61	11,88
	Fev	52%	2,76	174,29	154,45	152,36	52%	1,66	17,94	16,16	15,32	73%	4,23	15,02	12,89	11,86
	Mar	52%	2,76	158,95	158,13	158,13	52%	1,66	16,91	15,93	15,62	73%	4,23	13,77	12,32	11,86
	Abr	52%	2,76	159,83	159,83	159,83	52%	1,66	16,37	16,04	16,03	73%	4,23	12,68	12,04	11,98
	Mai	52%	2,76	159,88	159,88	159,88	52%	1,66	16,09	15,99	15,99	73%	4,23	12,37	12,20	12,06
	Jun	52%	2,76	159,86	159,86	159,86	52%	1,66	16,02	16,00	16,00	73%	4,23	12,58	12,50	12,43
	Jul	52%	2,76	159,97	159,97	159,97	52%	1,66	16,01	15,99	15,99	73%	4,23	12,93	12,92	12,85
	Ago	52%	2,76	160,02	160,02	160,02	52%	1,66	16,01	15,99	15,99	73%	4,23	13,40	13,33	13,29
	Set	**52%**	**2,76**	**160,02**	**160,02**	**160,02**	**52%**	**1,66**	**14,83**	**14,83**	**14,83**	**73%**	**4,23**	**13,31**	**13,31**	**13,31**
2004-2005	Out	59%	2,76	184,52	125,33	104,51	48%	1,66	17,47	10,86	7,97	72%	4,23	21,20	12,65	10,13
	Nov	59%	2,76	184,52	106,87	106,86	48%	1,66	17,22	9,47	7,39	72%	4,23	17,25	11,51	9,42
	Dez	59%	2,76	142,90	107,18	107,18	48%	1,66	13,99	8,59	7,18	72%	4,23	14,16	10,56	8,90
	Jan	59%	2,76	107,19	107,19	107,19	48%	1,66	10,69	8,06	7,11	72%	4,23	11,95	9,71	8,41
	Fev	59%	2,76	107,22	107,22	107,22	48%	1,66	9,00	7,63	7,10	72%	4,23	10,57	9,13	8,28
	Mar	59%	2,76	107,43	107,43	107,43	48%	1,66	8,29	7,36	7,09	72%	4,23	9,84	8,77	8,27
	Abr	59%	2,76	107,52	107,52	107,52	48%	1,66	7,75	7,42	7,41	72%	4,23	8,93	8,35	8,20
	Mai	59%	2,76	107,52	107,52	107,52	48%	1,66	7,64	7,55	7,55	72%	4,23	8,89	8,61	8,56
	Jun	59%	2,76	107,47	107,47	107,47	48%	1,66	7,54	7,51	7,51	72%	4,23	8,68	8,61	8,58
	Jul	59%	2,76	107,52	107,52	107,52	48%	1,66	7,46	7,44	7,44	72%	4,23	8,93	8,87	8,84
	Ago	59%	2,76	107,54	107,54	107,54	48%	1,66	7,46	7,44	7,44	72%	4,23	9,22	9,15	9,12
	Set	**59%**	**2,76**	**107,54**	**107,54**	**107,54**	**48%**	**1,66**	**7,44**	**7,44**	**7,44**	**72%**	**4,23**	**9,14**	**9,14**	**9,14**
2005-2006	Out	34%	2,76	184,21	83,99	59,90	19%	0,31	17,42	7,23	4,09	38%	4,03	17,42	9,61	6,95
	Nov	34%	2,76	177,46	75,19	62,35	19%	0,31	16,29	6,98	4,22	38%	4,03	15,30	9,40	7,11
	Dez	34%	2,76	138,30	73,36	66,57	19%	0,31	12,96	6,45	4,41	38%	4,03	13,66	9,72	7,89
	Jan	34%	2,76	105,83	69,36	69,12	19%	0,31	8,63	5,42	4,16	38%	4,03	11,37	8,96	7,57
	Fev	34%	2,76	80,08	71,84	71,84	19%	0,31	6,36	4,85	4,24	38%	4,03	10,31	8,81	7,92
	Mar	34%	2,76	90,40	86,45	86,42	19%	0,31	8,80	7,82	7,49	38%	4,03	14,14	13,03	12,52
	Abr	34%	2,76	88,62	88,62	88,62	19%	0,31	8,22	7,89	7,88	38%	4,03	13,10	12,52	12,38
	Mai	34%	2,76	88,72	88,72	88,72	19%	0,31	7,95	7,85	7,85	38%	4,03	12,03	11,76	11,70
	Jun	34%	2,76	88,62	88,62	88,62	19%	0,31	7,83	7,81	7,81	38%	4,03	11,81	11,74	11,71
	Jul	34%	2,76	88,64	88,64	88,64	19%	0,31	7,77	7,75	7,75	38%	4,03	11,73	11,66	11,64
	Ago	34%	2,76	88,67	88,67	88,67	19%	0,31	7,77	7,75	7,75	38%	4,03	11,79	11,73	11,70
	Set	**34%**	**2,76**	**88,67**	**88,67**	**88,67**	**19%**	**0,31**	**7,55**	**7,55**	**7,55**	**38%**	**4,03**	**11,52**	**11,52**	**11,52**

Tabela 5.45: Indicadores de base da avaliação mensal do risco de seca no abastecimento urbano, para o período 2003/04 a 2005/06 – sist. aquíferos.

Sistemas aquíferos	Aquífero Elvas-Vila Boim – UAG 1									Aquífero Estremoz-Cano – UAG 2								
	P 75 mensal			P 50 mensal			P 25 mensal			P 75 mensal			P 50 mensal			P 25 mensal		
	Disp (hm3/ano)	Défice (hm3/ano)	%	Disp (hm3/ano)	Défice (hm3/ano)	%	Disp (hm3/ano)	Défice (hm3/ano)	%	Disp (hm3/ano)	Défice (hm3/ano)	%	Disp (hm3/ano)	Défice (hm3/ano)	%	Disp (hm3/ano)	Défice (hm3/ano)	%
Ref (mm)	-	Nec = 0,228	-	-	Nec = 0,228	-	-	Nec = 0,228	-	-	Nec = 2,01	-	-	Nec = 2,01	-	-	Nec = 2,01	-
Out-03	19,15	0,00	0%	19,05	0,00	0%	18,99	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Nov-03	19,14	0,00	0%	19,06	0,00	0%	19,01	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Dez-03	19,12	0,00	0%	19,06	0,00	0%	19,01	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Jan-04	19,11	0,00	0%	19,05	0,00	0%	19,02	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Fev-04	19,09	0,00	0%	19,05	0,00	0%	19,02	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Mar-04	19,07	0,00	0%	19,04	0,00	0%	19,03	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Abr-04	19,06	0,00	0%	19,04	0,00	0%	19,03	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Mai-04	19,05	0,00	0%	19,03	0,00	0%	19,03	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Jun-04	19,04	0,00	0%	19,03	0,00	0%	19,03	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Jul-04	19,04	0,00	0%	19,03	0,00	0%	19,03	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Ago-04	19,05	0,00	0%	19,04	0,00	0%	19,04	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Set-04	**19,03**	**0,00**	**0%**	**19,03**	**0,00**	**0%**	**19,03**	**0,00**	**0%**	**-**	**0,00**	**0%**	**-**	**0,00**	**0%**	**-**	**0,00**	**0%**
Out-04	18,93	0,00	0%	18,83	0,00	0%	18,77	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Nov-04	18,90	0,00	0%	18,81	0,00	0%	18,76	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,01	0%
Dez-04	18,87	0,00	0%	18,80	0,00	0%	18,76	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Jan-05	18,84	0,00	0%	18,79	0,00	0%	18,75	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,02	1%
Fev-05	18,82	0,00	0%	18,77	0,00	0%	18,75	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,02	1%
Mar-05	18,80	0,00	0%	18,77	0,00	0%	18,75	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,02	1%	-	0,02	1%
Abr-05	18,78	0,00	0%	18,76	0,00	0%	18,75	0,00	0%	-	0,02	1%	-	0,03	2%	-	0,04	2%
Mai-05	18,77	0,00	0%	18,76	0,00	0%	18,75	0,00	0%	-	0,02	1%	-	0,03	2%	-	0,04	2%
Jun-05	18,76	0,00	0%	18,76	0,00	0%	18,75	0,00	0%	-	0,11	5%	-	0,14	7%	-	0,14	7%
Jul-05	18,76	0,00	0%	18,76	0,00	0%	18,75	0,00	0%	-	0,02	1%	-	0,03	2%	-	0,03	2%
Ago-05	18,76	0,00	0%	18,76	0,00	0%	18,75	0,00	0%	-	0,03	2%	-	0,03	2%	-	0,03	2%
Set-05	**18,75**	**0,00**	**0%**	**18,75**	**0,00**	**0%**	**18,75**	**0,00**	**0%**	**-**	**0,02**	**1%**	**-**	**0,02**	**1%**	**-**	**0,02**	**1%**
Out-05	18,70	0,00	0%	18,60	0,00	0%	18,54	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,10	5%
Nov-05	18,68	0,00	0%	18,59	0,00	0%	18,54	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,10	5%
Dez-05	18,66	0,00	0%	18,59	0,00	0%	18,55	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,07	4%
Jan-06	18,64	0,00	0%	18,58	0,00	0%	18,55	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,03	2%
Fev-06	18,62	0,00	0%	18,58	0,00	0%	18,55	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,02	1%
Mar-06	18,62	0,00	0%	18,59	0,00	0%	18,57	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,02	1%
Abr-06	18,61	0,00	0%	18,59	0,00	0%	18,57	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,02	1%
Mai-06	18,59	0,00	0%	18,58	0,00	0%	18,57	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Jun-06	18,59	0,00	0%	18,59	0,00	0%	18,58	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Jul-06	18,60	0,00	0%	18,59	0,00	0%	18,58	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Ago-06	18,60	0,00	0%	18,59	0,00	0%	18,59	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%	-	0,00	0%
Set-06	**18,59**	**0,00**	**0%**	**18,59**	**0,00**	**0%**	**18,59**	**0,00**	**0%**	**-**	**0,00**	**0%**	**-**	**0,00**	**0%**	**-**	**0,00**	**0%**

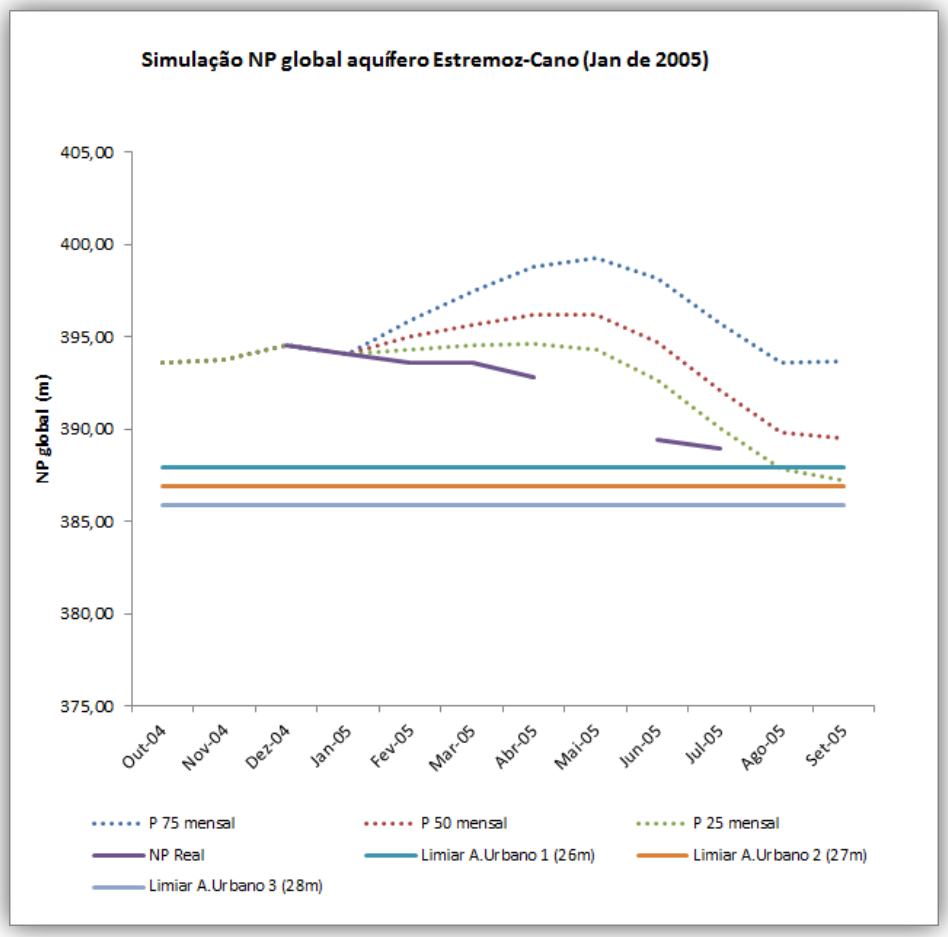


Figura 5.6: Simulação da evolução do NP global do aquífero Estremoz-Cano, em Janeiro de 2005, segundo os 3 cenários de precipitação mensal (P 75, P 50 e P 25 mensal) e comparação com os limiares de exploração definidos para o abastecimento urbano.

Por análise da Tabela 5.43, considerando uma análise centrada no cenário P 50 mensal, tal como efectuado para os subsectores agrícolas, verifica-se que, no sector do abastecimento urbano é identificável a potencial ocorrência de problemas desde o mês de Março de 2005 nas UAG 1 e 2, e desde Janeiro de 2005, na UAG 3. De acordo com a análise de captações no MAI efectuada para o subsector do regadio privado (Tabela 5.40), verifica-se que essas captações começaram a ser afectadas ainda no mês de Dezembro de 2004, nas UAG 1 e 2, e, apenas em Janeiro de 2005, na UAG 3. Por outro lado, na Tabela 5.45 (referente aos sistemas aquíferos), verifica-se, segundo esse cenário, uma afectação dos volumes extraídos para abastecimento urbano, a partir do sistema aquífero Estremoz-Cano (UAG 2), desde o mês de Março de 2005. No caso das albufeiras públicas, tal como se pode confirmar pela Tabela 5.44, não é perspectivada a ocorrência de qualquer problema, dada a capacidade de armazenamento existente nessas albufeiras e a prioridade legal de satisfação das necessidades para o sector do abastecimento urbano.

Assim, é possível confirmar que, na UAG 2, a indicação, no mês de Março de 2005, de potenciais problemas para esse ano hidrológico, se deve à redução dos níveis piezométricos no sistema Estremoz-Cano além dos limiares de exploração definidos em 4.5.2.4, de acordo com o representado na Figura 5.6 (note-se que, segundo a Figura 5.6, os problemas são expectáveis de virem a ocorrer em Agosto de 2005, mas a avaliação mensal do risco de seca reflecte uma avaliação global de todo o ano hidrológico). Por outro lado, no caso da UAG 3, verifica-se que a indicação, no mês de Janeiro de 2005, da ocorrência de potenciais problemas se deve à diminuição de disponibilidades apontada nas captações do MAI. Neste caso, a afectação deve-se, em concreto, à quantificação de défice nos sistemas autónomos existentes no concelho de Mourão. Esses sistemas não apresentavam, em 2005, qualquer furo de recurso (Anexo 10), pelo que são mais vulneráveis à diminuição dos níveis de precipitação (mesmo considerando uma margem de segurança de 20%, face aos consumos verificados nesse sistema). No caso da UAG 1, porém, verifica-se uma diferença entre a indicação de potenciais problemas (Tabela 5.43), que ocorre apenas no mês de Março de 2005, e a redução das disponibilidades nas captações do MAI, apontada desde Dezembro de 2004 (Tabela 5.40). Essa situação é, todavia, fruto das características de sistemas existentes, uma vez que os sistemas autónomos presentes nessa área possuem, em geral, furos de recurso (Anexo 10).

Refira-se, ainda, que, no mês de Abril de 2005, de acordo com a presente metodologia e considerando o cenário P 50 mensal, é possível perspectivar a ocorrência de problemas nos concelhos de Arronches, Portalegre, Elvas, Alandroal, Estremoz, Borba, Vila Viçosa, Mourão e Moura, *i.e.*, todos os concelhos para os quais foram quantificados os principais problemas no final do ano hidrológico, tal como apontado em 5.1.1.

Por fim, foi feita uma comparação destes resultados com a evolução dos registos de impactos reais, de acordo com a análise efectuada no ponto 3.3.6, para a situação de seca de 2004/05. Assim, considerando a Tabela 3.18, correspondente à evolução mensal da ocorrência de impactos, de população afectada e da adopção de medidas, com base nos relatórios de acompanhamento da situação de seca de 2005 (CPS, 2005), verifica-se que, em Março de 2005, alguns dos principais concelhos da região em estudo indicam a adopção de medidas de mitigação, nomeadamente Arronches, Campo Maior, Elvas e Reguengos de Monsaraz. Porém, à excepção de Arronches, que indica medidas de nível 1, não é possível especificar o nível de intervenção das medidas adoptadas em nenhum dos outros concelhos. Ainda nessa Tabela 3.18, é possível verificar que, para a maioria dos concelhos da região em estudo, apenas é apontada a ocorrência de impactos e/ ou a adopção de medidas, nos meses de Abril e Maio de 2005. Por outro lado, considerando a Tabela 3.19, de evolução mensal do nível de intervenção das medidas adoptadas, verifica-se que, em Maio de 2005, são já adoptadas medidas de nível 3 em Portalegre, Campo Maior, Elvas, Borba, Vila Viçosa e Évora, e medidas de nível 4, *i.e.*, de emergência nos concelhos de Arronches e Mourão.

Considera-se que a metodologia desenvolvida permite aproximar de forma satisfatória e com alguma antecipação (de 1 a 3 meses, neste último caso, para Mourão) a ocorrência de impactos no abastecimento urbano da região em estudo. Ainda assim, refira-se que a antecipação da indicação de ocorrência de problemas depende das margens de segurança admitidas, em especial para os sistemas autónomos dependentes de captações no MAI, de acordo com o estipulado em 4.3.3 e 4.5. Como tal, poderá ser considerada, para futuro, uma

aferição das margens de segurança adoptadas, de acordo com as características dos sistemas actualmente existentes na área.

5.2.1.5 Afectação regional de seca

Face aos resultados apresentados para os diferentes subsectores, a avaliação mensal do risco de seca, na afectação socioeconómica regional, resume-se, para o período de 2003/04 a 2005/06, na Tabela 5.46.

Por análise dessa Tabela e, tal como já havia sido indicado em 5.1.1, é possível verificar a ocorrência de perdas ligeiras (inferiores a 1% do PIB de cada UAG) no ano de 2003/04, devidos ao subsector da agricultura de sequeiro, bem como no ano de 2005/06, na UAG 3, devido ao subsector do regadio público (restrições nas disponibilidades para rega nas áreas associadas à albufeira da Vigia). Não obstante, tal como salientado em cada um dos subsectores analisados, verificaram-se importantes impactos de seca no ano de 2004/05, tendo sido atingido o nível de seca extrema na UAG 1, o nível de seca severa na UAG 2 e o nível de seca moderada na UAG 3. De facto, essa mesma classificação de seca é previsível, segundo o cenário P 50 mensal, desde o final do mês de Abril de 2005, sendo os valores de perdas expectáveis nesse mês, em cada UAG, muito próximos dos obtidos no final do ano hidrológico (Setembro de 2005). Mais ainda, verifica-se que, nas UAG 1 e 2, é apontada, segundo esse mesmo cenário, a ocorrência de impactos, ainda que ligeiros, desde Dezembro de 2004, enquanto, na UAG 3, isso acontece desde Novembro de 2004.

Convém, ainda, realçar que a diferença existente nos valores de perdas expectáveis, segundo os cenários P 75 e P 50 mensal, entre os meses de Setembro de 2005 e Outubro de 2005, se devem ao facto de, neste último mês, se estar já a perspectivar um novo ano hidrológico (2005/06), pelo que a previsão de perdas se refere, então, a Setembro de 2006. De facto, poderá ser considerado, de forma genérica que, no mês de Outubro, se dá início a um novo ano agrícola e, consequentemente, a um novo ciclo produtivo, com diferentes culturas e ocupação cultural. Por esse motivo, a avaliação da afectação socioeconómica de seca no sector agrícola (tendencialmente mais afectado) terá de ser efectuada de acordo com a perspectiva de produção do ano agrícola em causa (como indicado em 4.4.1).

Não obstante, as principais origens de água na região podem ser especialmente afectadas numa situação de seca, por redução dos volumes armazenados em albufeiras ou em sistemas aquíferos. Esses volumes, que permitem salvaguardar as necessidades dos diferentes sectores utilizadores em situação de seca, constituem uma reserva importante que, caso seja afectada, poderá tornar a região mais vulnerável para uma nova situação de seca. Essa situação é reflectida, na região em estudo, na UAG 3, verificando-se, em Outubro de 2005, segundo o cenário P 50 mensal, uma previsão de ocorrência de perdas, ainda que ligeiras, devidas aos reduzidos volumes armazenados na albufeira da Vigia no início desse ano hidrológico.

Pelas características diferenciadas do sector do abastecimento urbano, apresenta-se no ponto seguinte (5.2.2) um esquema de avaliação da situação actual, procurando reflectir, em cada mês, a real afectação de seca verificada nos dois sectores utilizadores.

Tabela 5.46: Resultados da avaliação socioeconómica mensal do risco de afectação regional de seca (% PIB), para o período 2003/04 a 2005/06.

Afectação regional (% PIB da UAG)		Gestão do risco de seca - Agregação regional																	
		UAG 1						UAG 2						UAG 3					
		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal		P 75 mensal		P 50 mensal		P 25 mensal	
		Perdas €	% PIB	Perdas €	% PIB	Perdas €	% PIB	Perdas €	% PIB	Perdas €	% PIB	Perdas €	% PIB	Perdas €	% PIB	Perdas €	% PIB	Perdas €	% PIB
2003-2004	Out	0	0,0%	0	0,0%	-12.367.982	4,0%	0	0,0%	0	0,0%	-8.631.090	3,8%	0	0,0%	0	0,0%	-12.500.929	1,6%
	Nov	0	0,0%	0	0,0%	-5.271.986	1,7%	0	0,0%	0	0,0%	-3.558.937	1,6%	0	0,0%	0	0,0%	-10.282.011	1,3%
	Dez	0	0,0%	0	0,0%	-3.960.284	1,3%	0	0,0%	0	0,0%	-1.931.855	0,8%	0	0,0%	0	0,0%	-7.052.207	0,9%
	Jan	0	0,0%	0	0,0%	-3.641.507	1,2%	0	0,0%	0	0,0%	-2.010.663	0,9%	0	0,0%	0	0,0%	-6.882.742	0,9%
	Fev	0	0,0%	0	0,0%	-3.575.646	1,2%	0	0,0%	0	0,0%	-1.791.540	0,8%	0	0,0%	0	0,0%	-5.307.161	0,7%
	Mar	0	0,0%	0	0,0%	-951.743	0,3%	0	0,0%	0	0,0%	-1.386.915	0,6%	0	0,0%	0	0,0%	-3.984.234	0,5%
	Abr	-951.891	0,3%	-951.891	0,3%	-951.891	0,3%	-1.386.915	0,6%	-1.386.915	0,6%	-1.386.915	0,6%	-4.074.191	0,5%	-4.074.191	0,5%	-4.208.903	0,5%
	Mai	-951.891	0,3%	-951.891	0,3%	-951.891	0,3%	-1.386.915	0,6%	-1.386.915	0,6%	-1.386.915	0,6%	-4.074.191	0,5%	-4.074.191	0,5%	-4.074.191	0,5%
	Jun	-951.891	0,3%	-951.891	0,3%	-951.891	0,3%	-1.386.915	0,6%	-1.386.915	0,6%	-1.386.915	0,6%	-4.074.191	0,5%	-4.074.191	0,5%	-4.074.191	0,5%
	Jul	-951.891	0,3%	-951.891	0,3%	-951.891	0,3%	-1.386.915	0,6%	-1.386.915	0,6%	-1.386.915	0,6%	-4.074.191	0,5%	-4.074.191	0,5%	-4.074.191	0,5%
	Ago	-951.891	0,3%	-951.891	0,3%	-951.891	0,3%	-1.386.915	0,6%	-1.386.915	0,6%	-1.386.915	0,6%	-4.074.191	0,5%	-4.074.191	0,5%	-4.074.191	0,5%
	Set	**-951.891**	**0,3%**	**-951.891**	**0,3%**	**-951.891**	**0,3%**	**-1.386.915**	**0,6%**	**-1.386.915**	**0,6%**	**-1.386.915**	**0,6%**	**-4.074.191**	**0,5%**	**-4.074.191**	**0,5%**	**-4.074.191**	**0,5%**
2004-2005	Out	0	0,0%	0	0,0%	-12.845.282	4,2%	0	0,0%	0	0,0%	-7.053.079	3,1%	0	0,0%	0	0,0%	-13.999.963	1,8%
	Nov	0	0,0%	0	0,0%	-13.452.112	4,4%	0	0,0%	0	0,0%	-7.328.046	3,2%	0	0,0%	-164.751	0,0%	-16.641.673	2,1%
	Dez	0	0,0%	-519.757	0,2%	-13.892.589	4,5%	0	0,0%	-67.472	0,0%	-7.440.601	3,3%	0	0,0%	-650.529	0,1%	-17.187.743	2,2%
	Jan	0	0,0%	-4.085.655	1,3%	-16.062.544	5,2%	0	0,0%	-2.011.667	0,9%	-8.916.520	3,9%	0	0,0%	-5.616.393	0,7%	-18.905.408	2,4%
	Fev	0	0,0%	-10.137.716	3,3%	-17.533.261	5,7%	-210.125	0,1%	-5.944.508	2,6%	-9.412.775	4,1%	-667.012	0,1%	-9.326.158	1,2%	-19.574.134	2,5%
	Mar	-3.419.998	1,1%	-11.916.737	3,9%	-16.329.851	5,3%	-2.263.798	1,0%	-6.671.789	2,9%	-9.150.075	4,0%	-6.451.693	0,8%	-12.792.637	1,7%	-19.313.336	2,5%
	Abr	-14.013.647	4,6%	-15.978.710	5,2%	-17.146.479	5,6%	-7.339.908	3,2%	-9.164.094	4,0%	-9.631.119	4,2%	-16.867.795	2,2%	-19.077.794	2,5%	-20.154.465	2,6%
	Mai	-14.658.357	4,8%	-16.193.814	5,3%	-16.696.794	5,4%	-7.846.508	3,4%	-9.025.517	3,9%	-9.331.458	4,1%	-17.040.631	2,2%	-18.450.355	2,4%	-19.170.488	2,5%
	Jun	-15.502.472	5,0%	-16.382.958	5,3%	-16.701.266	5,4%	-8.854.407	3,9%	-9.249.606	4,0%	-9.412.820	4,1%	-18.109.299	2,3%	-18.810.998	2,4%	-19.203.945	2,5%
	Jul	-15.557.518	5,1%	-16.388.794	5,3%	-16.695.514	5,4%	-8.748.259	3,8%	-9.135.674	4,0%	-9.292.853	4,1%	-18.306.043	2,4%	-18.870.571	2,4%	-19.250.701	2,5%
	Ago	-15.638.212	5,1%	-16.344.636	5,3%	-16.645.081	5,4%	-8.831.963	3,9%	-9.112.281	4,0%	-9.263.186	4,1%	-18.394.008	2,4%	-18.813.655	2,4%	-19.176.402	2,5%
	Set	**-16.663.708**	**5,4%**	**-16.663.708**	**5,4%**	**-16.663.708**	**5,4%**	**-9.246.895**	**4,0%**	**-9.246.895**	**4,0%**	**-9.246.895**	**4,0%**	**-19.361.779**	**2,5%**	**-19.361.779**	**2,5%**	**-19.361.779**	**2,5%**
2005-2006	Out	0	0,0%	0	0,0%	-14.865.091	4,8%	0	0,0%	0	0,0%	-10.324.293	4,5%	0	0,0%	-1.013.489	0,1%	-24.090.831	3,1%
	Nov	0	0,0%	0	0,0%	-14.037.923	4,6%	0	0,0%	0	0,0%	-8.776.607	3,8%	0	0,0%	-1.155.276	0,1%	-22.175.856	2,9%
	Dez	0	0,0%	0	0,0%	-13.263.165	4,3%	0	0,0%	0	0,0%	-6.453.727	2,8%	0	0,0%	-1.460.735	0,2%	-20.935.912	2,7%
	Jan	0	0,0%	0	0,0%	-13.263.268	4,3%	0	0,0%	0	0,0%	-7.150.580	3,1%	-207.299	0,0%	-2.052.945	0,3%	-21.122.553	2,7%
	Fev	0	0,0%	-99.716	0,0%	-12.924.273	4,2%	0	0,0%	0	0,0%	-6.091.757	2,7%	-1.513.614	0,2%	-2.382.491	0,3%	-17.227.062	2,2%
	Mar	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	-223.540	0,1%	-113.058	0,0%	-672.434	0,1%	-1.131.851	0,1%
	Abr	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	-115.353	0,1%	-445.152	0,1%	-634.935	0,1%	-640.766	0,1%
	Mai	0	0,0%	0	0,0%	-192.810	0,1%	0	0,0%	0	0,0%	-154.629	0,1%	-601.115	0,1%	-655.552	0,1%	-952.537	0,1%
	Jun	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	-601.115	0,1%	-655.552	0,1%	-655.552	0,1%
	Jul	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	-701.589	0,1%	-714.589	0,1%	-714.589	0,1%
	Ago	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	-701.589	0,1%	-714.589	0,1%	-714.589	0,1%
	Set	**0**	**0,0%**	**0**	**0,0%**	**0**	**0,0%**	**0**	**0,0%**	**0**	**0,0%**	**0**	**0,0%**	**-828.916**	**0,1%**	**-828.916**	**0,1%**	**-828.916**	**0,1%**

5.2.2 Avaliação da situação actual

Tal como referido em 4.4.2, a avaliação da situação actual tem como objectivo permitir uma caracterização, no momento de avaliação, da real afectação de seca verificada nos diferentes sectores (e subsectores) utilizadores, constituindo uma avaliação complementar ao esquema de gestão do risco de seca analisado no ponto anterior (5.2.1). Assim, a avaliação da severidade de seca na situação actual será feita de forma diferenciada para o sector do abastecimento urbano e para o sector agrícola, de acordo com as características específicas de cada um desses sectores.

No caso do sector do abastecimento urbano, considera-se a aplicação da mesma metodologia de avaliação socioeconómica de impactos de seca desenvolvida, em 4.3.3, para este sector. Porém, para avaliação da severidade de seca actual a metodologia será aplicada, em cada mês, ao período de 12 meses anteriores ao momento de avaliação. Passa, assim, a constituir uma avaliação contínua no tempo, apenas baseada em dados reais monitorizados nesse período e, portanto, não fixada à escala do ano hidrológico, como acontecia em 5.2.1.4.

Por outro lado, para avaliação da situação actual no sector agrícola, foi apresentada, em 4.4.2, uma condicionante importante à aplicação de um esquema similar ao do abastecimento urbano, nomeadamente devido à necessidade de fixação da avaliação à escala do ano hidrológico, para estimativa da produção agrícola. Por esse motivo, considera-se um esquema de avaliação alternativo, tomando por base a avaliação efectuada segundo o esquema de gestão do risco de seca (fixada à escala do ano hidrológico). De facto, tal como desenvolvido em 4.4.2, em situação de referência (correspondente à precipitação global do cenário P 50 mensal), são considerados inexistentes os impactos de seca neste sector. Por esse motivo, no esquema de gestão do risco de seca, considera-se que a indicação de perdas, num dado mês, segundo o cenário P 50 mensal, significa que a precipitação real acumulada, nos meses anteriores ao momento de avaliação, foi inferior ao somatório correspondente dos valores de precipitação mensal do cenário de referência (P 50 mensal). Assim, mesmo que, nos meses seguintes, se verifiquem níveis de precipitação mensal equivalentes aos desse cenário, as perdas já não deverão ser colmatadas. Como tal, poderá admitir-se que esse valor corresponde a uma estimativa do impacto verificado no sector agrícola até ao mês de avaliação, podendo, assim, ser conjugado com a avaliação do sector urbano na situação actual, para caracterização da afectação regional de seca.

A avaliação da situação actual será, então, descrita, nos pontos seguintes, para o período de 2003/04 a 2005/06, segundo os diferentes sectores e afectação regional de seca, de forma similar ao efectuado para o esquema de gestão do risco de seca (ponto 5.2.1).

5.2.2.1 Abastecimento urbano

Os valores para a avaliação mensal da situação actual de severidade de seca, no sector do abastecimento urbano, para o período 2003/04 a 2005/06, são apresentados na Tabela 5.47. Refira-se que, neste caso, a avaliação das disponibilidades nas diferentes origens é efectuada considerando os valores reais de: precipitação mensal, volumes armazenados em albufeira, e níveis piezométricos monitorizados nos sistemas aquíferos, em igual período. Uma vez que não

se verificam problemas, no período de avaliação considerado, nas albufeiras públicas e no sistema aquífero Elvas-Vila Boim (tal como referido em 4.5.2.2, admite-se que as necessidades para abastecimento urbano dependentes do sistema aquífero Elvas-Campo Maior são desprezáveis), são apenas apresentados, nas Tabelas 5.48 e 5.49, os valores dos respectivos indicadores de base correspondentes às captações no MAI (P/ P ref) e às captações no sistema aquífero Estremoz-Cano (nível médio – NP, face aos limiares de exploração), respectivamente.

Tabela 5.47: Resultados mensais da avaliação socioeconómica da situação actual de severidade de seca, no sector do abastecimento urbano, no período de 2003/04 a 2005/06.

Abastecimento Urbano	Avaliação da situação actual - P acumulada 12m anteriores					
	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	Custos €	% Custos	Custos €	% Custos	Custos €	% Custos
Out-03	0	0%	0	0%	0	0%
Nov-03	0	0%	0	0%	0	0%
Dez-03	0	0%	0	0%	0	0%
Jan-04	0	0%	0	0%	0	0%
Fev-04	0	0%	0	0%	0	0%
Mar-04	0	0%	0	0%	0	0%
Abr-04	0	0%	0	0%	0	0%
Mai-04	0	0%	0	0%	0	0%
Jun-04	0	0%	0	0%	0	0%
Jul-04	0	0%	0	0%	0	0%
Ago-04	0	0%	0	0%	0	0%
Set-04	0	0%	0	0%	0	0%
Out-04	0	0%	0	0%	0	0%
Nov-04	0	0%	0	0%	-123.600	3%
Dez-04	0	0%	0	0%	-140.420	3%
Jan-05	-390	0%	0	0%	-177.960	4%
Fev-05	-83.460	3%	0	0%	-233.880	5%
Mar-05	-133.430	5%	-260	0%	-251.350	6%
Abr-05	-151.240	5%	-1.820	0%	-253.040	6%
Mai-05	-137.070	5%	0	0%	-217.450	5%
Jun-05	-136.680	5%	0	0%	-217.710	5%
Jul-05	-136.680	5%	0	0%	-217.580	5%
Ago-05	-199.390	7%	-116.350	9%	-266.900	6%
Set-05	-198.220	7%	-160.680	13%	-289.180	7%
Out-05	-183.530	6%	-164.060	13%	-266.900	6%
Nov-05	-52.910	2%	-158.860	13%	-187.840	4%
Dez-05	-390	0%	-158.860	13%	-139.380	3%
Jan-06	0	0%	-158.860	13%	-123.600	3%
Fev-06	0	0%	-158.860	13%	-108.600	3%
Mar-06	0	0%	-158.860	13%	0	0%
Abr-06	0	0%	-158.860	13%	0	0%
Mai-06	0	0%	-158.860	13%	0	0%
Jun-06	0	0%	-158.860	13%	0	0%
Jul-06	0	0%	-158.860	13%	0	0%
Ago-06	0	0%	-42.770	3%	0	0%
Set-06	0	0%	0	0%	0	0%

Tabela 5.48: Indicadores de base da avaliação mensal da situação actual de severidade de seca, no período de 2003/04 a 2005/06, no abastecimento urbano – Captações MAI

Indicadores de base A.Urbano	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	P 12m	P / P ref	P 12m	P / P ref	P 12m	P / P ref
Ref (mm)	483,76	1	492,25	1	450,43	1
Out-03	642,74	1,33	586,32	1,19	549,28	1,22
Nov-03	656,93	1,36	584,96	1,19	542,26	1,20
Dez-03	608,23	1,26	539,12	1,10	512,44	1,14
Jan-04	601,68	1,24	491,39	1,00	485,83	1,08
Fev-04	577,69	1,19	487,66	0,99	473,30	1,05
Mar-04	548,44	1,13	500,74	1,02	471,62	1,05
Abr-04	516,20	1,07	496,97	1,01	437,14	0,97
Mai-04	535,23	1,11	518,64	1,05	456,34	1,01
Jun-04	535,78	1,11	518,24	1,05	458,34	1,02
Jul-04	535,65	1,11	518,52	1,05	457,53	1,02
Ago-04	555,26	1,15	529,98	1,08	465,53	1,03
Set-04	550,04	1,14	533,55	1,08	467,97	1,04
Out-04	529,70	1,09	527,28	1,07	436,58	0,97
Nov-04	441,54	0,91	443,41	0,90	380,71	0,85
Dez-04	403,68	0,83	383,29	0,78	335,79	0,75
Jan-05	362,94	0,75	356,53	0,72	305,74	0,68
Fev-05	330,83	0,68	318,74	0,65	262,79	0,58
Mar-05	323,43	0,67	310,83	0,63	252,88	0,56
Abr-05	315,00	0,65	301,69	0,61	246,23	0,55
Mai-05	321,70	0,67	320,38	0,65	268,39	0,60
Jun-05	321,95	0,67	321,62	0,65	267,25	0,59
Jul-05	321,93	0,67	321,90	0,65	267,68	0,59
Ago-05	299,35	0,62	311,74	0,63	260,46	0,58
Set-05	299,83	0,62	301,96	0,61	249,18	0,55
Out-05	306,77	0,63	283,09	0,58	260,27	0,58
Nov-05	337,11	0,70	332,08	0,67	312,79	0,69
Dez-05	363,08	0,75	360,90	0,73	341,42	0,76
Jan-06	390,60	0,81	385,64	0,78	367,34	0,82
Fev-06	426,18	0,88	417,03	0,85	396,55	0,88
Mar-06	494,40	1,02	491,63	1,00	456,27	1,01
Abr-06	509,41	1,05	515,05	1,05	479,12	1,06
Mai-06	479,18	0,99	471,65	0,96	432,75	0,96
Jun-06	521,12	1,08	509,07	1,03	453,13	1,01
Jul-06	527,84	1,09	512,15	1,04	467,73	1,04
Ago-06	535,05	1,11	522,94	1,06	475,27	1,06
Set-06	559,84	1,16	553,72	1,12	504,29	1,12

Tabela 5.49: Indicadores de base da avaliação mensal da situação actual de severidade de seca, no período de 2003/04 a 2005/06, no abastecimento urbano – Estremoz-Cano.

Aquífero Estremoz-Cano - UAG 2			
Sit.Actual	**NP global (m)**	**Défice (hm3)**	**% Nec**
Out-03	397,64	0	0,0%
Nov-03	396,73	0	0,0%
Dez-03	398,28	0	0,0%
Jan-04	398,74	0	0,0%
Fev-04	398,64	0	0,0%
Mar-04	399,25	0	0,0%
Abr-04	399,33	0	0,0%
Mai-04	398,21	0	0,0%
Jun-04	396,68	0	0,0%
Jul-04	394,97	0	0,0%
Ago-04	393,12	0	0,0%
Set-04	394,13	0	0,0%
Out-04	393,59	0	0,0%
Nov-04	393,80	0	0,0%
Dez-04	394,56	0	0,0%
Jan-05	394,07	0	0,0%
Fev-05	393,60	0	0,0%
Mar-05	393,59	0	0,0%
Abr-05	392,80	0	0,0%
Mai-05	392,88	0	0,0%
Jun-05	389,44	0	0,0%
Jul-05	388,94	0	0,0%
Ago-05	386,80	0,018	0,9%
Set-05	387,48	0,024	1,2%
Out-05	390,33	0,024	1,2%
Nov-05	390,58	0,024	1,2%
Dez-05	391,55	0,024	1,2%
Jan-06	392,95	0,024	1,2%
Fev-06	393,55	0,024	1,2%
Mar-06	394,30	0,024	1,2%
Abr-06	394,77	0,024	1,2%
Mai-06	395,31	0,024	1,2%
Jun-06	394,15	0,024	1,2%
Jul-06	392,46	0,024	1,2%
Ago-06	390,47	0,007	0,3%
Set-06	389,03	0	0,0%

Comparando os resultados da avaliação socioeconómica da situação actual (Tabela 5.47), com os correspondentes analisados para o esquema de gestão do risco de seca (Tabela 5.43), verifica-se, na avaliação da UAG 2, que, à parte de alguns indícios de perdas ligeiras nos meses de Março e Abril de 2005, na avaliação da situação actual a quantificação de custos acrescidos, nomeadamente por falha do sistema aquífero Estremoz-Cano (Tabela 5.49), surge atrasada cerca de 5 meses (Agosto de 2005), face ao previsto no esquema de avaliação do risco de seca, segundo o cenário P 50 mensal (Março de 2005).

Porém, se essa situação, em relação ao aquífero Estremoz-Cano, na UAG 2, seria expectável, a verificação de perdas ligeiras nessa área, em Março e Abril de 2005, bem como a indicação antecipada de problemas nos sistemas de abastecimento urbano das UAG 1 e 3, (Janeiro de 2005 e Novembro de 2004, respectivamente), face aos valores correspondentes do cenário P 50 mensal do esquema de gestão do risco de seca (Março de 2005 e Janeiro de 2005, respectivamente) (Tabela 5.43) parece, à primeira vista, algo incoerente. Todavia, esses resultados devem-se ao tipo de origens de água causadoras das falhas, nessas UAG (captações no MAI), bem como ao método de avaliação das disponibilidades correspondentes.

De facto, na UAG 2, o sistema aquífero Estremoz-Cano, pela sua capacidade de armazenamento apresenta uma maior resiliência às situações de seca, pelo que poderá levar a um atraso na ocorrência de impactos no decorrer de uma situação de seca. Por outro lado, as captações no MAI estão integradas numa área sem grande capacidade de armazenamento, pelo que se considera que apenas poderá ser utilizada a recarga anual. Como tal, este tipo de captações sofrerá, de forma mais imediata, as consequências de uma anomalia das condições de precipitação.

Por outro lado, a avaliação das disponibilidades no sistema aquífero Estremoz-Cano é feita com base numa avaliação do NP global, face a limiares de exploração definidos em 4.5.2.4, pelo que apenas será dada indicação de problemas quando os mesmos efectivamente ocorrerem. Porém, no caso das captações do MAI, a avaliação das disponibilidades é estimada de acordo com a relação da precipitação acumulada a 12 meses, no mês de avaliação, com a precipitação anual da situação de referência, considerada igual à do esquema de avaliação do risco de seca (Tabela 5.48). Tal significa que, se a precipitação acumulada real for abaixo desse nível de referência será dada a indicação de problemas, ainda que isso ocorra no Inverno. Numa situação destas, poderá, na realidade, existir um nível de água mais reduzido nessas captações, face ao habitual no mês de Janeiro, por exemplo, mas os problemas apenas serão efectivamente sentidos no período de Primavera-Verão, período em que os níveis de água nessas captações sofrem um maior abaixamento.

Ainda assim, considera-se que estes resultados poderão constituir uma avaliação complementar importante ao esquema apresentado de avaliação do risco de seca no sector do abastecimento urbano, nomeadamente para o alerta antecipado no caso das captações no MAI e para a confirmação da ocorrência de impactos nas demais origens, como é o caso do sistema aquífero Estremoz-Cano.

Por fim refira-se que a avaliação da situação actual permite, também, manter um nível de alerta adequado à manutenção de algumas medidas de mitigação que venham a ser adoptadas no sector do abastecimento urbano, decorrentes de uma situação de seca, nomeadamente na fase de alívio da mesma. De facto, como se verifica no caso do ano de 2005/06 (Tabela 5.47), existe uma continuidade, nos meses iniciais desse ano hidrológico de 2005/06, dos níveis de alerta e severidade de seca accionados no final do ano hidrológico 2004/05. Tal é especialmente significativo na UAG 2, pela maior capacidade de armazenamento do sistema aquífero Estremoz-Cano que, quando afectado, demora, também, mais tempo a recuperar do que a área indiferenciada do Maciço Antigo, por exemplo.

5.2.2.2 Sector agrícola

Tal como indicado anteriormente, para a avaliação da situação actual de severidade de seca no sector agrícola são tomados como base os valores obtidos, segundo o cenário P 50 mensal, no esquema de gestão do risco de seca (ponto 5.2.1), para os subsectores de sequeiro, regadio público e regadio privado (Tabelas 5.36, 5.37 e 5.39, respectivamente).

Desses valores resulta a agregação, para o sector agrícola, que se apresenta na Tabela 5.50, para cada UAG, no período 2003/04 a 2005/06. Refira-se, no entanto, que estes valores são obtidos segundo o esquema de gestão do risco de seca, verificando-se uma quebra entre os valores do mês de Setembro de 2005 e os de Outubro de 2005, pois os correspondentes resultados representam anos hidrológicos distintos (2004/05 e 2005/06, respectivamente). Não obstante, tal como foi já apontado várias vezes na presente tese, considera-se que esses resultados são adequados às especificidades do sector agrícola.

De acordo com a Tabela 5.50, as primeiras perdas económicas no sector agrícola, no ano de 2003/04, surgem no mês de Abril de 2004, em qualquer uma das UAG, sendo devidas ao subsector da agricultura de sequeiro (como se comprova por análise das Tabelas 5.36, 5.37 e 5.39, segundo o cenário P 50 mensal). Esse mês acaba por ser correspondente, também, ao final do período de avaliação desse subsector, razão pela qual a quantificação de perdas se mantenha constante, em cada UAG, até ao final desse ano hidrológico (*i.e.* Setembro de 2004). Não obstante, no ano de 2004/05, a indicação de perdas surge no mês de Dezembro de 2004, nas UAG 1 e 2 e, no mês de Novembro de 2004, na UAG 3. No caso da UAG 1, tal deve-se à previsão, em Dezembro, da ocorrência de impactos nos subsectores da agricultura de sequeiro e de regadio privado, devido aos reduzidos valores de precipitação verificados nos meses de Outubro a Dezembro, nessa área. Por sua vez, na UAG 2, a indicação de perdas em Dezembro deve-se ao subsector do regadio privado, reflectindo a afectação das disponibilidades nas captações no MAI, igualmente devido aos reduzidos valores de precipitação verificados nesse período. Por fim, na UAG 3, a indicação de afectação, em Novembro de 2004, deve-se à avaliação do subsector de regadio público, por redução das afluências à albufeira da Vigia, devido à redução de precipitação verificada nos meses de Outubro e Novembro de 2004.

Tabela 5.50: Resultados mensais da avaliação socioeconómica da situação actual de severidade de seca, no sector agrícola, no período de 2003/04 a 2005/06.

Avaliação sit. actual sector agrícola	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	€	% Rend	€	% Rend	€	% Rend
Out-03	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Nov-03	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Dez-03	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Jan-04	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fev-04	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Mar-04	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Abr-04	-951.891	1,7%	-1.386.915	6,0%	-4.074.191	6,7%
Mai-04	-951.891	1,7%	-1.386.915	6,0%	-4.074.191	6,7%
Jun-04	-951.891	1,7%	-1.386.915	6,0%	-4.074.191	6,7%
Jul-04	-951.891	1,7%	-1.386.915	6,0%	-4.074.191	6,7%
Ago-04	-951.891	1,7%	-1.386.915	6,0%	-4.074.191	6,7%
Set-04	-951.891	1,7%	-1.386.915	6,0%	-4.074.191	6,7%
Out-04	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Nov-04	0	0,0%	0	0,0%	-164.751	0,3%
Dez-04	-519.757	0,9%	-67.472	0,3%	-650.529	1,1%
Jan-05	-4.085.655	7,1%	-2.011.667	8,6%	-5.492.793	9,0%
Fev-05	-10.137.716	17,7%	-5.944.508	25,5%	-9.168.398	15,1%
Mar-05	-11.915.827	20,8%	-6.571.039	28,2%	-12.595.047	20,7%
Abr-05	-15.849.310	27,7%	-8.962.594	38,5%	-18.810.114	30,9%
Mai-05	-16.046.604	28,0%	-8.824.147	37,9%	-18.209.895	29,9%
Jun-05	-16.220.148	28,3%	-8.923.806	38,3%	-18.547.738	30,4%
Jul-05	-16.225.464	28,3%	-8.934.304	38,4%	-18.607.311	30,5%
Ago-05	-16.184.816	28,2%	-8.910.911	38,3%	-18.566.435	30,5%
Set-05	-16.465.488	28,7%	-9.086.215	39,0%	-19.072.599	31,3%
Out-05	0	0,0%	0	0,0%	-1.013.489	1,7%
Nov-05	0	0,0%	0	0,0%	-1.155.276	1,9%
Dez-05	0	0,0%	0	0,0%	-1.460.735	2,4%
Jan-06	0	0,0%	0	0,0%	-2.052.945	3,4%
Fev-06	-99.716	0,2%	0	0,0%	-2.382.491	3,9%
Mar-06	0	0,0%	0	0,0%	-672.434	1,1%
Abr-06	0	0,0%	0	0,0%	-634.935	1,0%
Mai-06	0	0,0%	0	0,0%	-655.552	1,1%
Jun-06	0	0,0%	0	0,0%	-655.552	1,1%
Jul-06	0	0,0%	0	0,0%	-714.589	1,2%
Ago-06	0	0,0%	0	0,0%	-714.589	1,2%
Set-06	0	0,0%	0	0,0%	-828.916	1,4%

5.2.2.3 Afectação regional de seca

Conjugando os resultados obtidos para a avaliação da situação actual, no sector do abastecimento urbano (Tabela 5.47), com os valores correspondentes para o sector agrícola (Tabela 5.50), é possível obter a avaliação da situação actual em termos de afectação regional de seca (% PIB da UAG). Os valores correspondentes ao período de 2003/04 a 2005/06, são apresentados na Tabela 5.51.

Tabela 5.51: Resultados da avaliação da situação actual na afectação regional de seca, por UAG, no período de 2003/04 a 2005/06.

Afectação regional (% PIB UAG)		UAG 1		UAG 2		UAG 3	
		Perdas €	% PIB	Perdas €	% PIB	Perdas €	% PIB
2003-2004	Out	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Nov	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Dez	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Jan	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Fev	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Mar	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Abr	-951.891	0,3%	-1.386.915	0,6%	-4.074.191	0,5%
	Mai	-951.891	0,3%	-1.386.915	0,6%	-4.074.191	0,5%
	Jun	-951.891	0,3%	-1.386.915	0,6%	-4.074.191	0,5%
	Jul	-951.891	0,3%	-1.386.915	0,6%	-4.074.191	0,5%
	Ago	-951.891	0,3%	-1.386.915	0,6%	-4.074.191	0,5%
	Set	**-951.891**	**0,3%**	**-1.386.915**	**0,6%**	**-4.074.191**	**0,5%**
2004-2005	Out	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Nov	0	0,0%	0	0,0%	-288.351	0,0%
	Dez	-519.757	0,2%	-67.472	0,0%	-790.949	0,1%
	Jan	-4.086.045	1,3%	-2.011.667	0,9%	-5.670.753	0,7%
	Fev	-10.221.176	3,3%	-5.944.508	2,6%	-9.402.278	1,2%
	Mar	-12.049.257	3,9%	-6.571.299	2,9%	-12.846.397	1,7%
	Abr	-16.000.550	5,2%	-8.964.414	3,9%	-19.063.154	2,5%
	Mai	-16.183.674	5,3%	-8.824.147	3,9%	-18.427.345	2,4%
	Jun	-16.356.828	5,3%	-8.923.806	3,9%	-18.765.448	2,4%
	Jul	-16.362.144	5,3%	-8.934.304	3,9%	-18.824.891	2,4%
	Ago	-16.384.206	5,3%	-9.027.261	3,9%	-18.833.335	2,4%
	Set	**-16.663.708**	**5,4%**	**-9.246.895**	**4,0%**	**-19.361.779**	**2,5%**
2005-2006	Out	-183.530	0,1%	-164.060	0,1%	-1.280.389	0,2%
	Nov	-52.910	0,0%	-158.860	0,1%	-1.343.116	0,2%
	Dez	-390	0,0%	-158.860	0,1%	-1.600.115	0,2%
	Jan	0	0,0%	-158.860	0,1%	-2.176.545	0,3%
	Fev	-99.716	0,0%	-158.860	0,1%	-2.491.091	0,3%
	Mar	0	0,0%	-158.860	0,1%	-672.434	0,1%
	Abr	0	0,0%	-158.860	0,1%	-634.935	0,1%
	Mai	0	0,0%	-158.860	0,1%	-655.552	0,1%
	Jun	0	0,0%	-158.860	0,1%	-655.552	0,1%
	Jul	0	0,0%	-158.860	0,1%	-714.589	0,1%
	Ago	0	0,0%	-42.770	0,0%	-714.589	0,1%
	Set	**0**	**0,0%**	**0**	**0,0%**	**-828.916**	**0,1%**

Comparando os resultados obtidos no esquema de avaliação da situação actual (Tabela 5.51) com os valores correspondentes da avaliação do risco de seca (Tabela 5.46), nomeadamente referentes ao cenário P 50 mensal, verifica-se que estes são praticamente idênticos. De facto, devido à reduzida importância dos impactos de seca verificados na região em estudo, para o abastecimento urbano, face ao quantificado para o sector agrícola, as alterações detectadas no esquema de avaliação daquele sector (Tabela 5.47), são minimizadas no resultado final. A excepção verifica-se nas situações em que os resultados da avaliação da situação actual, no sector do abastecimento urbano, são consideravelmente distintos dos resultados correspondentes, obtidos pelo esquema de gestão do risco de seca, segundo o

cenário P 50 mensal, para a mesma área (UAG) e mês de avaliação. Tomando como exemplo os resultados da UAG 2, para o ano hidrológico de 2005/06 (Tabela 5.51), verifica-se que a quantificação de perdas económicas, na avaliação da situação actual, entre os meses de Outubro de 2005 e Agosto de 2006, resulta da avaliação do sector do abastecimento urbano (Tabela 5.47), devido aos impactos estimados para esse sector, face aos níveis piezométricos verificados no sistema aquífero Estremoz-Cano nos 12 meses anteriores ao momento de avaliação (Tabela 5.49). Porém, analisando os dados e resultados correspondentes, do esquema de gestão do risco de seca nesse período (Tabelas 5.45 e 5.43, respectivamente) verifica-se que as previsões de evolução dos níveis piezométricos desse sistema aquífero, à escala do ano hidrológico 2005/06, estão acima dos limiares de exploração definidos, não contribuindo para a estimativa de impactos nesse sector, tal como se veio a confirmar em Setembro de 2006.

Assim, considera-se que, apesar da proximidade verificada entre os resultados do esquema de gestão do risco de seca (ponto 5.2.1) e os correspondentes da avaliação da situação actual (ponto 5.2.2), esta última é bastante relevante para avaliação do sector do abastecimento urbano e poderá traduzir diferenças mais significativas na aplicação a regiões onde a importância do sector agrícola seja mais reduzida. Por esse motivo, os resultados obtidos por esta avaliação deverão ser complementares aos obtidos pelo esquema de avaliação principal, de gestão do risco de seca.

Considera-se, ainda, a comparação dos resultados da Tabela 5.51, com os valores mensais correspondentes do índice SPI (Tabela 5.52), determinados, em cada mês, e para cada UAG, a partir dos valores de precipitação acumulada a 12 meses (ou seja, correspondentes aos valores de precipitação dos 12 meses anteriores, apresentados na Tabela 5.48 e utilizados na avaliação da situação actual no sector do abastecimento urbano). Tal como considerado em avaliação similar no ponto 5.1.2, a classificação de seca adoptada para o índice SPI corresponde à definida originalmente pelo autor (Mckee *et al*, 1993) e representada na Tabela 5.31.

Analisando os dados do SPI 12 meses para o período em causa (Tabela 5.52), é possível confirmar que, já no ano de 2003/04, era apontada alguma redução da precipitação acumulada a 12 meses, nas UAG 1, 2 e 3, embora enquadrável na classe mais ligeira de severidade de seca do SPI (seca ligeira, equivalente, na metodologia apresentada, à classe normal a seca ligeira – Tabela 4.118). De facto, comparando com os resultados da avaliação da situação actual (Tabela 5.51), obtidos pela metodologia de avaliação socioeconómica de seca, confirma-se que, nesse ano, também são quantificadas algumas perdas económicas (ainda que ligeiras, inferiores a 1% do PIB), devido ao verificado no subsector da agricultura de sequeiro (Tabela 5.36). Por outro lado, no ano de 2004/05, verifica-se um agravamento significativo dos valores do SPI 12 meses (Tabela 5.52), nos meses de Novembro de 2004 a Fevereiro de 2005, nas UAG 1, 2 e 3. Esse mesmo agravamento é confirmado, no mês de Fevereiro de 2005, segundo a metodologia de avaliação proposta (Tabela 5.51), quando são contabilizados os principais impactos nos sectores utilizadores, em especial no sector agrícola (Tabela 5.50). Em relação ao ano de 2005/06, verifica-se um ligeiro alívio dos valores de SPI a partir de Dezembro de 2005 (Tabela 5.52), embora se mantenham na classe de seca ligeira até ao final do ano hidrológico (Setembro de 2006), nas UAG 1, 2 e 3. Por sua vez, na avaliação socioeconómica de seca (Tabela 5.51), também se verifica uma quantificação de perdas ligeiras ao longo desse ano hidrológico, em especial nas UAG 2 e 3, sendo, no primeiro caso, essencialmente devidas à

afectação do sector do abastecimento urbano (Tabela 5.47) e, no segundo, devidas ao sector agrícola (Tabela 5.50) (nomeadamente no subsector do regadio público, pelas restrições apontadas à albufeira da Vigia – Tabela 5.38).

Tabela 5.52: Resultados do índice SPI, por UAG com base nos dados de precipitação acumulada a 12 meses, no período 2003/04 a 2005/06.

SPI 12 meses	UAG 1	UAG 2	UAG 3
Out-03	0,18	-0,1	0,12
Nov-03	0,27	-0,12	0,09
Dez-03	-0,01	-0,42	-0,14
Jan-04	-0,02	-0,61	-0,29
Fev-04	-0,15	-0,62	-0,36
Mar-04	-0,29	-0,53	-0,37
Abr-04	-0,5	-0,61	-0,64
Mai-04	-0,36	-0,45	-0,48
Jun-04	-0,36	-0,46	-0,46
Jul-04	-0,36	-0,45	-0,47
Ago-04	-0,25	-0,39	-0,42
Set-04	-0,31	-0,4	-0,43
Out-04	-0,39	-0,41	-0,58
Nov-04	-1	-0,97	-1,01
Dez-04	-1,38	-1,51	-1,56
Jan-05	-1,51	-1,49	-1,7
Fev-05	-1,72	-1,73	-2,01
Mar-05	-1,69	-1,75	-2,07
Abr-05	-1,87	-1,97	-2,27
Mai-05	-1,73	-1,75	-1,99
Jun-05	-1,72	-1,75	-2
Jul-05	-1,72	-1,74	-2
Ago-05	-1,9	-1,83	-2,08
Set-05	-1,95	-1,98	-2,26
Out-05	-1,83	-2,04	-1,98
Nov-05	-1,78	-1,79	-1,57
Dez-05	-1,71	-1,69	-1,5
Jan-06	-1,3	-1,29	-1,17
Fev-06	-1,04	-1,05	-0,89
Mar-06	-0,58	-0,58	-0,46
Abr-06	-0,54	-0,5	-0,35
Mai-06	-0,68	-0,73	-0,64
Jun-06	-0,44	-0,51	-0,5
Jul-06	-0,4	-0,49	-0,4
Ago-06	-0,36	-0,43	-0,35
Set-06	-0,25	-0,29	-0,19

Por fim, refira-se que, tal como apontado em avaliação similar efectuada no ponto 5.1.2, o índice SPI apenas identifica as áreas mais afectadas pela anomalia de precipitação, face ao normal para o período em causa, pelo que acaba por traduzir uma afectação relativa, entre UAG, diferente da indicada pela metodologia de avaliação socioeconómica de impactos de seca proposta. Tal como já referido anteriormente, isso resulta do facto de, o SPI, pelas características subjacentes ao seu procedimento de cálculo e dados de base considerados, não permitir identificar as regiões com maiores vulnerabilidades, seja devido às características das utilizações existentes, à resiliência e capacidade de armazenamento das origens de água respectivas, ou mesmo às características socioeconómicas da região (por exemplo traduzidas pelo PIB).

5.3 Avaliação de escassez no período 1998/99-2008/09

5.3.1 Volumes em défice

Tal como descrito em 4.7.1, a avaliação de escassez considerada pressupõe a quantificação de volumes em défice, para cada sector utilizador, por UAG, de acordo com o balanço anual de disponibilidades-necessidades verificado ao nível das origens.

Para o regadio público foram, então, tomados como base os valores de disponibilidades e de necessidades calculadas, que se encontram resumidos na Tabela 5.12. Assumindo que o critério de garantia de satisfação das necessidades de cada sector deverá atender a um valor fixo no período de avaliação considerado (no caso presente de 10 anos, desprezando-se o ano de 2008/09), a avaliação de escassez deverá, então, atender ao valor médio das necessidades estimadas para esse período. Assim, resultam os volumes em défice, no subsector do regadio público, apresentados na Tabela 5.53.

Tabela 5.53: Avaliação de volumes em défice, por UAG, no subsector de regadio público, para o período 1998/99 a 2007/08

Avaliação de volumes em défice (hm3/ ano)	UAG 1			UAG 2			UAG 3		
	Alb. Caia			Alb. Lucefecit			Alb. Vigia		
	Disp (hm3/ano)	Défice (hm3/ano)	%	Disp (hm3/ano)	Défice (hm3/ano)	%	Disp (hm3/ano)	Défice (hm3/ano)	%
Nec. médias (hm3/ ano)	**31,85**			**5,5**			**7,02**		
1998/99	106,72	0,00	0%	3,14	2,36	42,9%	8,58	0,00	0,0%
1999/00	64,59	0,00	0%	3,21	2,29	41,6%	8,03	0,00	0,0%
2000/01	168,28	0,00	0%	10,53	0,00	0,0%	14,73	0,00	0,0%
2001/02	123,31	0,00	0%	8,65	0,00	0,0%	12,16	0,00	0,0%
2002/03	142,98	0,00	0%	8,66	0,00	0,0%	13,18	0,00	0,0%
2003/04	157,26	0,00	0%	8,78	0,00	0,0%	13,17	0,00	0,0%
2004/05	104,78	0,00	0%	2,59	2,91	53,0%	5,78	1,24	17,7%
2005/06	85,91	0,00	0%	8,85	0,00	0,0%	5,89	1,13	16,1%
2006/07	141,43	0,00	0%	8,84	0,00	0,0%	10,35	0,00	0,0%
2007/08	113,90	0,00	0%	7,86	0,00	0,0%	8,15	0,00	0,0%

Por outro lado, efectuando um procedimento similar para o regadio privado, foram considerados os valores anuais de défice, bem como as necessidades médias associadas a cada tipo de origem, de acordo com os dados das Tabelas 5.15, 5.16 e 5.19. A partir desses dados, são quantificados os volumes anuais em défice totais, por UAG, para este subsector, apresentados na Tabela 5.54.

Tabela 5.54: Avaliação de volumes em défice, por UAG, no subsector de regadio privado, para o período 1998/99 a 2007/08

Avaliação de volumes em défice (hm3/ano)	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	Défice (hm3/ano)	%	Défice (hm3/ano)	%	Défice (hm3/ano)	%
Necessid. médias (hm3/ ano)	32,03		11,15		29,27	
1998/99	10,14	32%	4,42	40%	3,60	12%
1999/00	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
2000/01	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
2001/02	6,65	21%	2,61	23%	0,00	0%
2002/03	0,00	0%	0,56	5%	0,00	0%
2003/04	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
2004/05	6,05	19%	2,69	24%	7,38	25%
2005/06	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
2006/07	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
2007/08	5,85	18%	2,64	24%	1,27	4%

Por fim, considerando uma agregação, por UAG, dos dois subsectores agrícolas (regadio público e privado), obtêm-se os valores da Tabela 5.55.

Tabela 5.55: Avaliação de volumes em défice, por UAG, no sector agrícola, para o período 1998/99 a 2007/08.

Avaliação de volumes em défice (hm3/ano)	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	Défice (hm3/ano)	%	Défice (hm3/ano)	%	Défice (hm3/ano)	%
Necessid. médias (hm3/ ano)	63,87		16,65		36,29	
1998/99	10,14	16%	6,78	41%	3,60	10%
1999/00	0,00	0%	2,29	14%	0,00	0%
2000/01	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
2001/02	6,65	10%	2,61	16%	0,00	0%
2002/03	0,00	0%	0,56	3%	0,00	0%
2003/04	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
2004/05	6,05	9%	5,61	34%	8,62	24%
2005/06	0,00	0%	0,00	0%	1,13	3%
2006/07	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
2007/08	5,85	9%	2,64	16%	1,27	4%

Considerando os critérios estipulados em 4.7.1, verifica-se que, na UAG 2, não é cumprido o critério de garantia para o sector agrícola, referente à verificação de um somatório de volume em défice inferior a 100% em dez anos consecutivos para o sector agrícola.

Não obstante, considerando uma avaliação segundo os critérios estipulados, mas ao nível dos diferentes subsectores, verifica-se que, no caso do subsector do regadio público (Tabela 5.53), também na UAG 2 (albufeira do Lucefecit) se dá o incumprimento dos limites estipulados, verificando-se, no ano de 2004/05, um volume em défice superior a 50% do volume anual contabilizado, no conjunto dos anos 1998/99 e 1999/00 um défice superior a 75% do volume anual de necessidades e, ainda, no conjunto dos 10 anos consecutivos (1998/99 a 2007/08) um défice superior a 100% do volume anual. Por outro lado, no subsector do regadio privado, a UAG 2 é, mais uma vez, a única área em incumprimento, não sendo cumprido o limite

estipulado para o volume em défice em 10 anos consecutivos (100% do consumo anual), devido, fundamentalmente, às áreas associadas às captações no MAI e a pequenas albufeiras.

Por outro lado, no sector do abastecimento urbano consideram-se os resultados de volumes em défice, quantificados para os diferentes sistemas de abastecimento, nas UAG da região em estudo, para os anos de 1998/99 a 2007/08, de acordo com a avaliação descrita em 5.1.1. Esses volumes e a relação com as necessidades respectivas são apresentadas na Tabela 5.56. Tal como indicado em 4.7.1, a identificação de situações de escassez no sector do abastecimento urbano assenta nos critérios de avaliação do volume total em défice, em 10 anos consecutivos, que se admite um valor limite de 8% das necessidades anuais, bem como de avaliação do volume em défice mensal, que se admite uma valor limite de 10 % das necessidades mensais desse sector. Caso esses valores limite sejam ultrapassados, considera-se a existência de escassez.

Assim, da análise da Tabela 5.56, verifica-se que, no sector do abastecimento urbano, as falhas são sempre reduzidas, quando comparadas com as necessidades associadas a cada UAG, sendo o volume em défice, no período de 10 anos, inferior ao valor limite considerado. Porém, refira-se que não poderá ser avaliado o critério de défice mensal nos sistemas associados a captações no MAI, uma vez que o esquema de avaliação considerado para este tipo de origens assenta na avaliação da precipitação anual (ponto 4.5.1). Por essa razão, não é possível aferir se o critério de volume em défice mensal é, ou não, cumprido no período de avaliação considerado.

Tabela 5.56: Avaliação de volumes em défice, por UAG, no sector do abastecimento urbano, para o período 1998/99 a 2007/08.

Avaliação de volumes em défice (hm3/ano)	UAG 1		UAG 2		UAG 3	
	Défice (hm3/ano)	%	Défice (hm3/ano)	%	Défice (hm3/ano)	%
Necessid. médias (hm3/ ano)	4,87		2,08		5,29	
1998/99	0,00	0%	0,00	0%	0,09	2%
1999/00	0,00	0%	0,01	0%	0,00	0%
2000/01	0,00	0%	0,01	0%	0,00	0%
2001/02	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
2002/03	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
2003/04	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
2004/05	0,04	1%	0,02	1%	0,23	4%
2005/06	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
2006/07	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
2007/08	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%

Ainda assim refira-se que, em relação às albufeiras públicas e sistema aquífero Elvas-Vila Boim, não são apontados quaisquer problemas no abastecimento do sector urbano no período considerado (1998/99 a 2007/08), de acordo com a análise efectuada nos pontos 4.2.3 e 4.2.4, bem como nos processos de modelação descritos nos pontos 4.5.4 e 4.5.2, respectivamente. Além disso, em relação ao sistema aquífero Estremoz-Cano, no qual é apontada a ocorrência de problemas, neste sector, nos anos de 1999/00, 2000/01 e 2004/05 (ponto 5.1.1.5), verifica-se que o valor limite estipulado para o défice mensal (10% do valor

mensal) não chega a ser ultrapassado, uma vez que, no período considerado, não é atingido o limiar de 28m que levaria a uma redução dos consumos mensais em 20%, de acordo com o esquema de avaliação estipulado[176].

5.3.2 Avaliação socioeconómica de impactos

Uma vez quantificados os volumes em défice, segundo cada sector utilizador, poderão ser estimados os impactos socioeconómicos verificados numa dada região, devidos à escassez, de acordo com o estipulado em 4.7.2. Para simplificação da análise presente e, uma vez que estão a ser considerados preços constantes para a quantificação da afectação socioeconómica de seca, admitiu-se que a avaliação de escassez será feita desprezando a inflação.

Assim, considerando a situação de limitação identificada, no período 1998/99 a 2007/08, na UAG 2, para o sector agrícola, a quantificação da parcela relativa à escassez, das perdas de rendimento verificadas, correspondeu, então, à diferença entre o somatório, nesse período, dos impactos totais estimados em cada ano (Tabela 5.57), para essa área e sector utilizador, e o valor de perdas económicas correspondente a um défice acumulado, em 10 anos, de 100% do consumo anual para o sector. As perdas anuais para o sector agrícola foram quantificadas por limitação de disponibilidades, atendendo à metodologia geral descrita para a avaliação de situações de seca, no ponto 4.3.2 e de acordo com os défices anuais no período de avaliação, quantificados na Tabela 5.55. Por outro lado, para a quantificação das perdas económicas correspondentes a um défice de 100%, em 10 anos, do volume de necessidades anual do sector (valor limite considerado para identificação de situações de escassez), admitiu-se a verificação de um défice anual de 10%. A repartição desse défice anual (10%), pelos subsectores do regadio público e regadio privado, na UAG 2, foi efectuada em proporção das necessidades anuais (hm^3/ano) de cada subsector.

Com base nos critérios definidos, admitiu-se uma quantificação do rendimento médio para o subsector do regadio público (perímetro de rega do Lucefecit), a partir das áreas médias de ocupação cultural verificadas, nesse perímetro, no período de 1998/99 a 2007/08, de acordo com o definido em 4.3.2 (Tabela 4.36). A produção das culturas foi determinada de acordo com as produções de referência definidas nas Tabelas 4.44 e 4.45, tendo o valor final do rendimento sido obtido com base nos preços quantificados, para cada cultura, na Tabela 4.46. De igual forma, para o regadio privado, foi considerada a ocupação cultural média definida, para a UAG 2, na Tabela 4.49. Refira-se, ainda, que a afectação de produções das culturas, por redução de disponibilidades, foi quantificada por redução de área, no caso das culturas anuais, e pelas equações de produção definidas na Tabela 4.45, para as culturas permanentes.

Os valores correspondentes às perdas verificadas em cada ano, nos sectores de regadio público e de regadio privado, bem como do valor de perda de rendimento admissível (correspondentes aos 10% de défice anual estipulados) são apresentados na Tabela 5.57.

[176] Ver pontos 4.5.2.4 e 5.1.1.5.

Tabela 5.57: Perdas de rendimento devidas aos défices, em volume, verificados nos subsectores do regadio público e privado e no sector agrícola global, no período de 1998/99 a 2007/08, na UAG 2. Comparação com perdas económicas correspondentes a 10% de défice anual (limite para a identificação de escassez).

Perda de rendimento (€)	UAG 2			
	Reg. Público	Reg. Privado	Total	Perdas correspondentes a 10% défice anual
1998/99	-1.158.386	-3.808.651	-4.967.037	-1.256.307
1999/00	-1.123.391	0	-1.123.391	-1.256.307
2000/01	0	0	0	-1.256.307
2001/02	0	-2.207.773	-2.207.773	-1.256.307
2002/03	0	0	0	-1.256.307
2003/04	0	0	0	-1.256.307
2004/05	-1.430.273	-2.301.943	-3.732.216	-1.256.307
2005/06	0	0	0	-1.256.307
2006/07	0	0	0	-1.256.307
2007/08		-2.273.692	-2.273.692	-1.256.307
Total (€)	**-3.712.050**	**-10.592.059**	**-14.304.109**	**-12.563.066**

Por análise da Tabela 5.57, é possível verificar que a diferença entre o somatório de perdas verificadas na UAG 2, no sector agrícola, no período de 1998/99 a 2007/08 (14,304 M€), e o somatório de perdas consideradas admissíveis (12,563 M€), correspondentes à verificação de 10% de défice anual, é superior a 1,7 M€, ou seja, correspondente a uma perda de cerca de 174.000 €, em cada ano. Este valor poderá, assim, ser considerado como uma estimativa dos impactos socioeconómicos de escassez, na UAG 2, devido à diminuta capacidade de armazenamento da albufeira do Lucefecit, face às necessidades associadas (no caso do regadio público), bem como à vulnerabilidade das áreas de regadio privado existentes nessa UAG, nomeadamente associadas a captações no MAI e a pequenas albufeiras.

5.4 Conclusões

No presente capítulo foi efectuada uma análise e discussão de resultados obtidos a partir da metodologia de avaliação socioeconómica de impactos de seca desenvolvida. Foram considerados três pontos principais para aferição da mesma: (i) a validação dos processos de estimativa dos impactos socioeconómicos de seca para os diferentes sectores utilizadores (no ponto 5.1), (ii) a simulação da aplicação a uma situação de seca em concreto (ponto 5.2) e, (iii) por fim, a possível aplicação dessa mesma metodologia à avaliação de situações de escassez, com estimativa dos impactos socioeconómicos associados (ponto 5.3).

Assim, atendendo aos dados disponíveis, foi efectuada, no ponto 5.1, uma validação da metodologia desenvolvida, por avaliação do período de 1998/99 a 2008/09, à escala anual, de forma individualizada por sector utilizador (e subsector, no caso agrícola) (ponto 5.1.1) e também para os resultados agregados a nível regional (UAG) (ponto 5.1.2).

No ponto 5.1.1, para o caso do subsector da agricultura de sequeiro foi possível verificar uma adequada sensibilidade da estimativa de afectação da produção, e de consequentes impactos de seca, à variação das condições de precipitação em alturas críticas ao desenvolvimento dos correspondentes tipos de culturas, assim como uma correlação razoável com os resultados do índice PDSI. No que toca aos subsectores da agricultura de regadio (público e privado) foi possível reflectir as principais afectações na produção agrícola, decorrentes das limitações verificadas nas disponibilidades existentes nas albufeiras públicas (regadio público), bem como nas principais origens de água de iniciativa privada (regadio privado). No abastecimento urbano, por sua vez, confirma-se uma menor importância dos impactos socioeconómicos de seca, face aos valores obtidos para o sector agrícola, mas verifica-se ser possível a previsão da ocorrência de problemas nos sistemas mais vulneráveis da região, em especial no ano de 2004/05, incluindo a indicação dos concelhos mais afectados dentro de cada UAG.

No ponto 5.1.2 foi verificada a importância das características socioeconómicas da região, na avaliação de afectação regional de seca, uma vez que a mesma agrega os resultados de perdas económicas obtidos para os diferentes sectores utilizadores e compara-os com o PIB de cada UAG. Permite, assim, a identificação das situações de seca mais problemáticas (destacando-se o ano de 2004/05), bem como das regiões mais vulneráveis às mesmas (como é o caso da UAG 1). Essa avaliação (afectação regional) possui, ainda, uma boa relação com os resultados do índice SPI, para o mesmo período, sendo importante salientar que as principais diferenças verificadas, face a este, se devem ao facto do SPI apenas atender à variável precipitação, não incorporando as especificidades da região em estudo, nomeadamente das principais utilizações existentes, das origens de água que as servem, ou mesmo da maior ou menor vulnerabilidade socioeconómica às situações de seca.

Por outro lado, ao longo do ponto 5.1, foi salientada a suspeita em relação à fiabilidade dos dados de monitorização de precipitação existentes em relação ao ano de 2008/09 (SNIRH, 2010), uma vez que, sendo próximos dos níveis de precipitação anual verificados no ano de 2004/05, levam à quantificação de impactos de seca significativos na região em estudo, não havendo, todavia, registos, ou mesmo indícios de que tal se tenha verificado, que, potencialmente, seriam facilitados por memória recente.

Em seguida, no ponto 5.2, foi efectuada uma simulação da aplicação da metodologia desenvolvida à avaliação da situação de seca de 2004/05. Para tal foi explorada a dupla vertente de avaliação, de gestão do risco de seca (prospectiva, ao final do ano hidrológico) e de avaliação da severidade de seca na situação actual, segundo os diferentes sectores e subsectores utilizadores. Assim, no tópico de gestão do risco de seca (5.2.1), foi possível concluir que, dos três cenários de precipitação mensal considerados, a avaliação deve servir à definição do intervalo de possível variação dos impactos expectáveis de seca, podendo, como base de análise, ser considerado o cenário P 50 mensal. Além disso, no subsector da agricultura de sequeiro, verifica-se alguma capacidade de previsão, no ano de 2004/05, face ao período mais crítico de desenvolvimento das culturas desse tipo, isto é, entre o início do ano hidrológico e o final do mês de Abril. No caso do regadio público, foi possível apontar as situações mais problemáticas, no ano de 2004/05 (nomeadamente nas áreas associadas às albufeiras do Lucefecit e da Vigia) com uma antecipação entre 1 a 3 meses, face aos registos de impactos

existentes. No regadio privado, por sua vez, é possível verificar a indicação de ocorrência de problemas nas origens mais vulneráveis deste sector (em especial nas captações do MAI e nas pequenas albufeiras) sendo, essa afectação, previsível desde os meses de Novembro e Dezembro de 2004, nas diferentes UAG da região em estudo. No entanto, a ausência de problemas nas pequenas albufeiras da UAG 3, bem como os reduzidos valores de necessidades associadas aos principais sistemas aquíferos, realçam a necessidade de revisão das áreas quantificadas para este subsector, para desenvolvimentos futuros, quando disponíveis novos dados do Recenseamento Agrícola 2009. Por outro lado, no sector do abastecimento urbano, é possível a previsão da ocorrência de impactos, com alguma antecipação (1 a 2 meses), face aos registos de impactos existentes. Os sistemas mais afectados são os sistemas autónomos, dependentes, em exclusivo, de captações no MAI, bem como os sistemas dependentes de captações no aquífero Estremoz-Cano. Neste caso deverá, todavia, considerar-se, para desenvolvimentos futuros, uma revisão dos limiares adoptados, de acordo com a actual profundidade das captações existentes, a aferir junto das entidades gestoras da região.

Por outro lado, na avaliação da situação actual (ponto 5.2.2), é considerada a avaliação retrospectiva (dos 12 meses anteriores) no sector do abastecimento urbano, verificando-se uma antecipação da indicação de problemas nos sistemas associados a captações no MAI. Essa avaliação permite, ainda, que a indicação de problemas nos sistemas associados ao sistema aquífero Estremoz-Cano apenas tenha lugar quando os impactos são efectivamente sentidos (devido à análise mensal dos níveis piezométricos nesse aquífero). No caso do sector agrícola, as especificidades associadas à avaliação socioeconómica de impactos de seca (relativa à produção agrícola) obrigam à consideração de uma avaliação à escala do ano hidrológico corrente, tal como considerado no esquema de gestão do risco de seca. Por esse motivo, são adoptados, para este sector, os valores do cenário P 50 mensal desse esquema, como forma de aproximação dos impactos verificados até à situação actual. Esses valores permitem, assim, a agregação com os valores da avaliação da situação actual do sector do abastecimento urbano, para quantificação da afectação regional de seca. Verifica-se, no entanto, que esta última (afectação regional de seca) acaba por não traduzir grandes diferenças face ao obtido com o esquema de gestão do risco de seca, devido à maior importância das perdas económicas de seca no sector agrícola, face às verificadas no sector do abastecimento urbano. Ainda assim, confirma-se, na avaliação mensal em contínuo, a boa relação dos resultados obtidos com a metodologia proposta, face aos valores correspondentes obtidos com o índice SPI.

Por fim, na aplicação à avaliação de situações de escassez, no período de 1998/99 a 2007/08, verifica-se a existência de perdas económicas com algum significado, no sector agrícola, na UAG 2. Essas perdas são, essencialmente, devidas à verificação de limitações em vários anos, na albufeira de Lucefecit (regadio público) e nas áreas de regadio privado associadas às origens de água mais vulneráveis nessa UAG (captações no MAI e pequenas albufeiras). No entanto, saliente-se que essa avaliação deverá ainda atender à simulação de possíveis cenários de evolução futura a longo prazo (decénios), constituindo um ponto especialmente relevante de desenvolvimento futuro do trabalho agora apresentado.

5.5 Referências bibliográficas

ADCA (2010), *Águas do Centro Alentejo*, sítio oficial da empresa Águas do Centro Alentejo, SA, disponível online em: [http://www.aguasdocentroalentejo.pt/] (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

ADNA (2010), *Águas do Norte Alentejano*, sítio oficial da empresa Águas do Norte Alentejano, SA, disponível online em: [http://www.adna.com.pt/] (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

COSTA, D. (2008), *Analysis of water management strategies for the left margin of the Guadiana river basin: implementation of a decision support tool*, Tese de mestrado integrado em Engenharia Civil (especialização em Hidráulica), Faculdade de Engenharia Universidade do Porto.

DGADR (2009), *Aproveitamentos Hidroagrícolas do Grupo II, em exploração – Elementos estatísticos 1986-2008*, Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, ISBN 978-972-8649-93-7 (informação disponibilzada no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS).

IM (2005), *Boletins meteorológicos mensais do ano de 2005*, Instituto de Meteorologia, IP, disponível online em [www.meteo.pt] (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

IM (2006), *Boletins meteorológicos mensais do ano de 2006*, Instituto de Meteorologia, IP, disponível online em [www.meteo.pt] (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

IM (2007), *Boletins meteorológicos mensais do ano de 2007*, Instituto de Meteorologia, IP, disponível online em [www.meteo.pt] (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

IM (2008), *Boletins meteorológicos mensais do ano de 2008*, Instituto de Meteorologia, IP, disponível online em [www.meteo.pt] (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

IM (2009), *Boletins meteorológicos mensais do ano de 2009*, Instituto de Meteorologia, IP, disponível online em [www.meteo.pt] (consulta mais recente em Dezembro de 2010).

INAG (2004), *Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais* 2002 (tabelas de dados referentes ao ano de 2002), Instituto da Água, I.P., disponível online em http://insaar.inag.pt/.

INAG (2006), Documentação do Secretariado da Seca (em formato papel e em ficheiro) disponibilizado pelo INAG no âmbito do desenvolvimento do projecto SPGS.

INAG (2006a), *Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais* 2006 (tabelas de dados referentes ao ano de 2005), Instituto da Água, I.P., disponível online em [http://insaar.inag.pt/].

INAG (2007), *Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais* 2007 (tabelas de dados referentes ao ano de 2006), Instituto da Água, I.P., disponível online em http://insaar.inag.pt/.

INAG (2008), *Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais* 2008 (tabelas de dados referentes ao ano de 2007), Instituto da Água, I.P., disponível online em http://insaar.inag.pt/.

INAG (2009), *Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais* 2009 (tabelas de dados, relatórios e informação georreferenciada referentes ao ano de 2008), Instituto da Água, I.P. (informação disponibilizada no âmbito do projecto de desenvolvimento do SPGS).

INAG *et al* (2006), *Seca em Portugal Continental – Relatório mensal* (relatórios mensais de acompanhamento da situação de seca, de Janeiro a Março de 2006), Secretariado técnico da Seca, Instituto da Água, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

INE (2001), *Recenseamento Geral da Agricultura 1999*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa.

INE (2010), *Portal do Instituto Nacional de Estatística*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, disponível online em http://www.ine.pt/ (Consulta mais recente em Dezembro de 2010).

MCKEE, T.B., DOESKEN, N.J., KLEIST, J. (1993). *The relationship of drought frequency and duration of time scales*. Eight Conference on Apllied Climatology, American Meteorological Society, Jan 17-23, Anaheim CA, pp. 179-186.

PALMER, W.C. (1965), *Meteorologic Drought*, U.S. Weather Bureau, Research Paper 45, 65 pp.

SNIRH (2010), *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*, INAG, 2010, disponível online em http://snirh.pt/.

VICENTE-SERRANO, S., BEGUERÍA, S., LÓPEZ-MORENO, J.I. (2010), *A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*, American Meteorological Society, Journal of Climate, 23, pp 1696-1718.

6. Conclusões e recomendações para futuro

6.1 Sumário e principais conclusões

Salientam-se, no presente ponto, os principais tópicos destacados nos diferentes capítulos em que a presente dissertação se encontra estruturada e que se descrevem em seguida.

No Capítulo 1 é efectuado um enquadramento base do estudo a desenvolver. Assim, em primeiro lugar, são sistematizados os conceitos de base, salientando que, secas e escassez, são problemáticas distintas no âmbito da gestão de recursos hídricos, embora possam surgir de forma conjugada no mesmo espaço territorial (*e.g.* em especial no sul da Europa). As secas resultam de uma redução, por causas naturais, da precipitação verificada numa dada região, face ao nível considerado normal para o período em questão, nessa área, enquanto a escassez corresponde a um desequilíbrio entre as utilizações da região e as disponibilidades médias verificadas na mesma, podendo ser considerada um resultado da influência humana. Por outro lado, são destacadas as perspectivas de evolução futura, nomeadamente a problemática das Alterações Climáticas, que reforçam a necessidade e a importância de uma melhor avaliação, preparação e gestão nos dois tipos de situações. Para enquadramento de potenciais soluções são descritas as principais orientações da União Europeia nestas temáticas, que apontam para uma avaliação conjugada de secas e escassez e, ainda, para o desenvolvimento específico de sistemas de alerta e de planos de prevenção e preparação para as situações de seca. À luz dessas orientações é analisada a situação actual, em Portugal, em matéria de avaliação e gestão de situações de seca e de escassez. No caso das secas, verifica-se que as principais metodologias de avaliação utilizadas não permitem reflectir, com rigor, os impactos expectáveis sobre os diferentes sectores utilizadores, baseando-se na análise desagregada de informação. No caso da escassez, verifica-se a existência de algumas disparidades na avaliação e quantificação, quer das disponibilidades, quer das utilizações, tais como as encontradas em

alguns dos (ainda actuais) planos de gestão de recursos hídricos, nomeadamente, no Plano Nacional da Água e no Plano de Bacia Hidrográfica do Guadiana.

Atendendo a esse enquadramento, no Capítulo 2 é apresentada uma revisão geral do estado do conhecimento na avaliação e gestão de situações de seca, nomeadamente tendo por base a avaliação e gestão do risco de seca: a utilização de indicadores/índices e a sua integração em esquemas de avaliação regional de severidade de seca; bem como na avaliação e gestão de situações de escassez, salientando, também, a utilização de indicadores/índices específicos e a metodologia de avaliação da escassez no âmbito da política europeia nesta matéria. Como principais conclusões dessa revisão é possível apontar que: (i) os principais métodos de avaliação de secas utilizados actualmente, são baseados em indicadores/índices específicos, embora nenhum esquema de avaliação seja aceite universalmente, uma vez que os impactos decorrentes dependem das características da região; (ii) no caso da escassez, as dificuldades de avaliação resultam tanto da quantificação das necessidades, como da avaliação das disponibilidades (uma vez que dependem, também, do possível aproveitamento dos recursos hídricos, a partir das infra-estruturas instaladas); (iii) existe a necessidade de avaliação mais aprofundada dos impactos económicos, resultantes de situações de seca e também de escassez, de modo a consolidar a gestão do risco associado a essas problemáticas.

No Capítulo 3 são descritas as principais características da bacia hidrográfica do Guadiana, e, em particular, da região de estudo (parte portuguesa a montante da albufeira de Alqueva), que tornam esta região apropriada ao desenvolvimento e aplicação de uma metodologia de avaliação e gestão de situações de seca e escassez, nomeadamente: (i) as características climáticas que limitam os recursos hídricos naturais, (ii) a dependência das afluências espanholas, (iii) a implementação do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva, que impõe um novo paradigma na gestão de recursos hídricos da região e, ainda, (iv) a ocorrência regular de situações de seca com impactos significativos nos principais sectores utilizadores (abastecimento urbano e agricultura).

No Capítulo 4 é desenvolvida uma metodologia de avaliação e gestão de situações de seca, que permite, quando aplicada à avaliação de períodos de longo prazo (decénios), abordar, também, a temática da escassez. Esse esquema é baseado:

- num sistema de indicadores representativo quer das condições de disponibilidades naturais e das origens de água mais vulneráveis da região (precipitação), quer das principais origens de água com capacidade de armazenamento interanual, para salvaguarda das utilizações existentes na região (volumes armazenados em albufeiras e níveis piezométricos em sistemas aquíferos);
- na avaliação de condições actuais e na previsão de condições futuras, com base no histórico de registos de precipitação (cenários de precipitação mensal) e com o apoio na modelação das principais origens da região;
- na avaliação socioeconómica de impactos, atendendo à afectação socioeconómica regional ao nível do ano hidrológico, face à situação de referência. Esses impactos são quantificados a partir da afectação económica regional (em função dos impactos económicos quantificados e do PIB da região), por redução da produção, no caso da agricultura, e dos custos acrescidos para satisfação das utilizações existentes, no caso do abastecimento urbano.

No Capítulo 5, de análise e discussão de resultados, verifica-se um comportamento satisfatório do esquema geral de avaliação de secas desenvolvido, bem como da avaliação socioeconómica de impactos de seca correspondentes aos diferentes sectores utilizadores, constatado através da obtenção de resultados adequados às situações de seca ocorridas no passado na região, em especial na seca de 2004/05. Refira-se, ainda, a adequação à avaliação e gestão do risco de seca dos cenários de precipitação mensal desenvolvidos, bem como do esquema de avaliação da situação actual, em especial para o abastecimento urbano. Por outro lado, a aplicação desta metodologia à avaliação de situações de escassez, no período de 1998/99 a 2007/08, permite identificar a ocorrência de limitações, na UAG 2, para o sector agrícola, sendo possível efectuar uma estimativa dos impactos socioeconómicos atribuíveis a essa componente. Por fim, saliente-se a importância da existência de dados de monitorização, disponíveis de forma sistemática, contínua e fidedigna, para uma correcta avaliação deste tipo de situações e para uma melhor calibração do processo de modelação das principais origens existentes na região.

Desta forma, o presente trabalho pôde contribuir para a identificação das linhas gerais que deverão ser seguidas na implementação de um sistema de avaliação e gestão de secas a todas as regiões hidrográficas do país e que, desde logo, constituem a base conceptual do Sistema de Previsão e Gestão de Secas que está a ser desenvolvido para o INAG, por equipa de investigação da FEUP e da U.Évora, que integra a contribuição do autor da presente tese. Assim, as principais características do sistema deverão ser:

Âmbito geográfico

Devendo ser adaptado de forma específica para cada uma das principais regiões hidrográficas, o sistema será baseado em unidades espaciais de avaliação e gestão de recursos hídricos (UAG). Essas unidades deverão corresponder à subdivisão da região hidrográfica principal, com base em delimitações hidrográficas, atendendo à localização das principais origens, utilizações, e aos níveis de actuação das principais entidades envolvidas nessa gestão.

Âmbito temporal

O acompanhamento de uma situação de seca deverá ser efectuado, mensalmente, perspectivando-se, em cada mês, as afectações possíveis ao nível do presente ano hidrológico (até Setembro), de modo a atender à própria dinâmica do ciclo hidrológico. A propagação dos efeitos de seca, para o ano hidrológico seguinte, estará assegurada com a consideração da avaliação do estado real das disponibilidades das principais origens de água.

Base de avaliação

O esquema de avaliação deverá ser centrado na previsão contínua (mensal) de indicadores que reflictam o estado das principais origens de água da região, quer superficiais, quer subterrâneas (no caso presente através da avaliação de volumes armazenados em albufeiras e níveis piezométricos dos principais sistemas aquíferos). Não obstante, deverá atender-se sempre às disponibilidades naturais "brutas", ou seja, à precipitação, devendo a mesma ser avaliada através dos valores reais verificados desde o início do ano hidrológico, até

ao mês de avaliação, e por cenários de precipitação, previamente definidos, segundo percentis, de acordo com os registos existentes, para os meses seguintes até ao final do ano hidrológico.

Esquema de gestão

Na gestão de situações de seca, a decisão de adopção de medidas deverá ter por base a afectação económica perspectivada, até ao final do ano hidrológico, ao nível dos principais sectores utilizadores. Essa avaliação permitirá a quantificação da afectação regional devido à situação de seca, auxiliando a identificação das regiões mais afectadas e a eventual alocação de compensações financeiras.

6.2 Recomendações futuras

Face ao trabalho apresentado na presente dissertação, deve ser salientada a relevância de alguns potenciais desenvolvimentos futuros que poderão proporcionar um melhoramento do esquema agora proposto.

De facto, a maior dificuldade verificada e, provavelmente, aquele que foi o principal limitador da qualidade dos resultados obtidos, foi a quantidade e qualidade dos dados de base existentes. Por esse motivo apresentam-se como fundamentais os seguintes melhoramentos:

- a monitorização contínua e fiável das variáveis representativas das principais fases do ciclo hidrológico (precipitação, escoamento, volumes armazenados em albufeiras, níveis piezométricos), devidamente conjugada com as principais necessidades de avaliação e gestão dos recursos hídricos das diferentes regiões, em especial a quantificação das disponibilidades nas principais origens;
- a caracterização permanente e detalhada das utilizações para os principais sectores utilizadores, permitindo avaliar a importância desses consumos, por origem de água, bem como a avaliação de eventuais tendências;
- o registo contínuo e sistematizado dos principais impactos de seca por sector utilizador, com identificação do tipo de impacto, da localização, da área e/ou população afectada e de eventuais prejuízos económicos associados ao mesmo.
- o registo contínuo e sistematizado das principais medidas adoptadas, por origem de água e por sector utilizador, com quantificação dos custos adicionais associados à adopção das mesmas.

Não obstante, além de desenvolvimentos pontuais que poderão permitir resultados parcelares mais rigorosos e fidedignos, os pontos-chave para uma eventual melhoria dos resultados obtidos são:

- a utilização de um modelo de simulação hidrológica conceptualmente mais complexo, considerando um esquema de simulação de 3 ou mais reservatórios para simulação do balanço hídrico ao nível do solo;
- a avaliação mais detalhada e rigorosa das utilizações associadas às diferentes origens. Convém todavia salientar, a dificuldade dessa tarefa, tanto ao nível da agricultura

(previsão da ocupação cultural tanto para o sequeiro como para o regadio, avaliação das áreas de regadio privado e identificação das origens de água a que estão associadas, etc.), como do abastecimento urbano (dados do INSAAR com falhas significativas e existência de vários dados estimados) e, ainda, de outros sectores utilizadores (estimativas mais fidedignas de consumos para o sector do turismo e da indústria, ainda que de reduzida importância);

- a modelação numérica de fluxo de águas subterrâneas para simulação das superfícies piezométricas dos principais sistemas aquíferos da região, desde que conjugados com novos e mais completos dados de níveis piezométricos e de caracterização destes sistemas.

Por fim, como potencial desenvolvimento futuro do trabalho agora apresentado, sugere-se, ainda:

- a extensão do esquema de avaliação socioeconómica de impactos de seca a outros sectores utilizadores (em especial o Turismo, a Indústria e a Produção de energia) especialmente relevantes noutras zonas do país, bem como à componente ecológica;
- a consideração de limitação das disponibilidades para as diferentes utilizações de água, em situação de seca, por degradação da qualidade da mesma;
- a aplicação da metodologia proposta à simulação de cenários de evolução futura de longo prazo, para avaliação de situações de escassez;
- a aplicação a outras regiões de estudo, no país ou no exterior.

Anexos

Anexo 1 – Impactos de seca no sector do Abastecimento Urbano, por concelho (Seca 2005)

Quadro resumo dos impactos da Seca 2005, por concelho, no sector do Abastecimento Urbano

Concelhos	Data de início	Impactos		Pop Afectada	Medidas adoptadas[177]	Nível máx medidas (RCM 83/ 2005)	Custos	Notas adicionais
		Tipo	Causas					
Alandroal	Abril de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade	Baixo nível das águas subterrâneas, esgotamento de furos	2.222 hab (máx)	EF, SENS, REG, RFUR, NFUR, PLAN, AUTB	4	55.454 €	Execução de 2 novos furos de captação
Alcoutim	Março de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade	Baixo nível de água nas albufeiras; Baixo nível de água nas origens subterrâneas; esgotamento de furos; Cortes ou reduções nos períodos de abastecimento	1053 hab (máx)	EF;REU;INVS;NFUR;AMAT;ATAF;CLT;ENCF;NFUR;RES;REG;PISC;AMAT;SENS; AUTB	4	Sem dados	Pedido de viabilização de instalação de uma plataforma para bombagem de água da ensecadeira da futura albufeira de Odelouca.
Aljustrel	Março de 2005	Quantidade	Baixo nível de água nas albufeiras, baixo nível das águas subterrâneas	Sem dados	NFUR, SENS, EF, REU, RFUR, REG, PISC, FLAVR, FCAPI, FACAP, AMATA, REFT, LAV, REU, RJF	4	Sem dados	-
Almodôvar	Março de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade/ Qualidade	Baixo nível de água nas albufeiras, baixo nível das águas subterrâneas, esgotamento de furos, degradação da qualidade da água para uso humano	7.746 hab (max)	NFUR, SENS, REFT, EF, INVS, REG, DREN, INV, LAV, INVS, RFUR, RES, AMAT, REQAP, FLAVR, AUTB	4	392.700 €	Execução de furos de captação e equipamento (já executados - 72.700 €), Construção de condutas adutoras (210.000 €), Execução de 5 novos furos de captação (75.000 €), Aquisição de depósitos (10 m3 e 0,6 m3 - 35.000 €)
Arraiolos	Abril de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade	Baixo nível de água nas albufeiras	3.987 hab (max)	SENS, INV, REG, FON, LAV, PISC, RFUR, FCAPI, FACAP, FLAVR, REQAP, APRAC, NFUR, Capt.de água na albufeira do Divor (Tejo)	4	118.200 €	Instalação de equipamento de tratamento adequado à qualidade da água bruta (Osmose inversa) da albufeira do Divor, face à alternativa de transporte de água por autotanque, a partir de concelho vizinho.
Arronches	Março de 2005	Quantidade	Baixo nível das águas subterrâneas, afectação de pontos de apoio ao combate a incêndios florestais, falta de pressão na rede	Sem dados	EF, SENS, INV, REG, PISC, REFT, FLAVR, RFUR, NFUR, RJF, APRAC, AMV, REU, REFT, FACAP	4	Sem dados	-
Barrancos	Março de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade/ Qualidade	Degradação da qualidade da água para uso humano (Barragem do Bufo), baixo nível de água nas albufeiras, esgotamento de furos, baixo nível das águas subterrâneas	Sem dados	EF, SENS, NFUR, REG, LAV, FLAVR, PISC, REFT, EPISC, DREN	4	Sem dados	Solicitação de equipamento de bombagem em jangada ao INAG para aproveitamento do volume morto no Açude do Bufo, sem informação de custos

[177] Ver significado das abreviaturas no final do Anexo 1

Concelhos	Data de início	Impactos		Pop Afectada	Medidas adoptadas[177]	Nível máx medidas (RCM 83/ 2005)	Custos	Notas adicionais
		Tipo	Causas					
Beja	Março de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade/ Qualidade	Baixo nível de água nas albufeiras, baixo nível das águas subterrâneas, cortes ou reduções nos períodos de abastecimento, esgotamento de furos, degradação da qualidade da água para uso humano	34.977 hab (max)	INCS, SENS, EF, REU, REG, INV, FACAP, NFUR, INVS, REFT, RFUR, AMV, FCAPI, PISC	4	281.600 €	Execução de novos furos (79.800 €), Reabilitação de captações antigas (7.500 €), Equipamento electromecânico (57.800 €), Execução de novas condutas (75.000 €), Instalações de protecção (54.000 €) e Estudos Hidrogeológicos (7.500 €)
Borba	Maio de 2005	Quantidade	Baixo nível das águas subterrâneas, esgotamento de furos	Sem dados	TRED, SENS, PISC, EF, LAV, FLAVR, REG, RJF, FON, FCAPI, ENCF, EPISC	3	Sem dados	-
Campo Maior	Março de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Sem dados	Sem dados	Sem dados	SENS, EF, RFUR, REG, LAV, AMAT, REFT, INC, AMV, INV, INVS, FLAVR	3	Sem dados	-
Castro Verde	Março de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade	baixo nível das águas subterrâneas, esgotamento de furos, degradação da qualidade da água para uso humano, baixo nível de água nas albufeiras	5.637 hab (max)	EF, REU, NFUR, REG, TRED, SENS, ATAF, ENCF, RFUR, AMAT, RJF, PLAN, AMV, PISC, REFT, LAV, FLAVR, AUTB	4	75.000 €	Execução de 5 novas captações
Cuba	Março de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade	Baixo nível das águas subterrâneas, esgotamento de furos	Sem dados	SENS, EF, INVS, REFT, RJF, PLAN, AMV, REG, FON, LAV, PISC, FCAPI, FACAP, FLAVR	3	Sem dados	-
Elvas	Março de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade	Baixo nível das águas subterrâneas	1500	SENS, AFUR, EF, REG, ENCF, AMV, REU	3	Sem dados	-
Estremoz	Abril de 2005	Quantidade	Afectação de pontos de apoio ao combate a incêndios florestais	Sem dados	SENS, EF	1	Sem dados	-
Évora	Abril de 2005	Quantidade	Baixo nível das águas subterrâneas	Sem dados	SENS, REG, FON, LAV, PISC, REFT, FLAVR, RJF, CLT, EF, INV	3	Sem dados	-
Mértola	Março de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade/ Qualidade	Baixo nível de água nas albufeiras;Baixo nível de água nas origens subterrâneas; Degradação da qualidade da água para consumo humano; esgotamento de furos;	5358 hab (max)	EF; AUTM;RFUR;REG; FON;LAV;ENCF;S ENS;PISC;RPPA;T RED;ATAF;INVS;E NCF;REFT;RES;R JF;CTL;AMV;NFU R;FACAP;AMAT; FLAVR;PLAN	4	596.500 €	Reparação e requalificação de redes (14.500 €), Aquisição de depósitos (2.000 €), Execução de 7 furos de captação (80.000 €), Aquisição e instalação de sistemas de tratamento de água subterrânea (500.000 €)

Concelhos	Data de início	Impactos		Pop Afectada	Medidas adoptadas[177]	Nível máx medidas (RCM 83/ 2005)	Custos	Notas adicionais
		Tipo	Causas					
Monforte	Maio de 2005	Sem dados	Sem dados	Sem dados	EF, REG, LAV, PISC, FACAP, REFT	3	Sem dados	-
Moura	Janeiro de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade/ Qualidade	Baixo nível de águas superficiais (rio Ardila), baixo nível das águas subterrâneas, esgotamento de furos, degradação da qualidade da água para uso humano	16.420 hab (max)	EF, SENS, INV, REG, LAV, FCAPI, REQAP, RFUR, NFUR, DREN, RES, AUTB, AUTM	4	60.011 €	Aquisição de reservatórios (10.050 €) e requalificação de furos de captação (49.961 €)
Mourão	Abril de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade	Baixo nível das águas subterrâneas, esgotamento de furos	Sem dados	REG, INV, REFT, NFUR	4	Sem dados	-
Ourique	Março de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade/ Qualidade	baixo nível das águas subterrâneas, degradação da qualidade da água para uso humano, esgotamento de furos	1.300 hab (max)	SENS, FLAVR, LFUR, NFUR, EF, ENCF, REFT, TRED, REG, LAV, FCAPI, RPPA, INC, RJF, AMV, AUTB, AUTM	4	120.000 €	Execução de oito novos furos de captação (120.000 €)
Portalegre	Abril de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade/ Qualidade	Sem dados	Sem dados	EF, REU, TRED, SENS, INV, REG, LAV, PISC, RFUR, INC	3	Sem dados	Ofício C.M. Portalegre (Maio de 2005) refere prob de Turvação e reduzida quantidade nas freguesias de Urra e S.Julião (bacia do Guadiana)
Portel	Junho de 2005	Quantidade	Baixo nível das águas subterrâneas, esgotamento de furos	Sem dados	EF, REU, REG, SENS, PISC	2	Sem dados	-
Redondo	Abril de 2005	Quantidade/ Qualidade	Baixo nível de água nas albufeiras, baixo nível das águas subterrâneas, esgotamento de furos, degradação da qualidade da água para uso humano	7020 hab (max)	SENS, INV, INVS, REG, PISC, FLAVR, REU, PLAN, LAV, FCAPI, FACAP	2	Sem dados	-
Reg. de Monsaraz	Março de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade	Baixo nível de água nas albufeiras; Baixo nível das águas subterrâneas	Sem dados	SENS, LAV	2	Sem dados	-
Serpa	Abril de 2005 (primeiras medidas de precaução)	Quantidade/ Qualidade	Baixo nível de água nas albufeiras;Baixo nível de água nas origens subterrâneas; Degradação da qualidade da água para consumo humano; esgotamento de furos; Falta de pressão na rede	16178 hab (max)	EF ;NFUR; SENS; TRED; REG; PISC; FACAP; INVS; ENCF; REFT; RJF; AMV; AMAT; LAV; REQAP;RFUR; INV;FON;RPPA;FLAVR;PLAN;RES; FCAPI	4	108.000 €	Execução de 5 furos de captação (18.000 €), Instalação de condutas e equipamentos em várias captações (90.000 €)
Vidigueira	Abril de 2005	Quantidade/ Qualidade	Baixo nível das águas subterrâneas, degradação da qualidade da água para uso humano	6031 hab (max)	SENS, EF, FON, LAV, INVS, REFT, REG, LAV, PISC, FCAPI, FACAP, FLAVR	2	Sem dados	-
Vila Viçosa	Maio de 2005	Quantidade	Baixo nivel das águas subterraneas	Sem dados	EF;SENS;FCAPI;INVS;RFUR; REG;FACAP; REU	3	Sem dados	-

Lista de medidas adoptadas

Nível 1 (RCM n º83/ 2005)

AMAT	Aquisição de material destinado a abastecimento de emergência
APRAC	Realização de infra-estruturas que permitam a retenção em anos de chuva
CLT	Criação de linha telefónica de apoio
EF	Eficiência dos sistemas
INCS	Identificação de novas zonas para captação subterrânea
INVS	Inventariação de captações subterrâneas
LFUR	Limpeza de furos
PLAN	Elaboração de planos de contingência
REU	Reutilização de águas para fins compatíveis
RJF	Reuniões com as Juntas de Freguesia
SENS	Acções de sensibilização

Nível 2 (RCM n º83/ 2005)

AMV	Antecipação de medidas normalmente adoptadas nos meses de Verão
FACAP	Reforço da fiscalização nas áreas de protecção às captações
FCAPI	Reforço da fiscalização de captações particulares ilegais
FLAVR	Reforço da fiscalização da lavagem de viaturas na via pública
FON	Encerramento de fontes decorativas (quando não funcionem em circuito fechado)
INC	Recarga de pontos de água de apoio ao combate a incêndios florestais
INV	Inventariação e caracterização de origens de água particulares
LAV	Redução de lavagens de ruas
PISC	Adequação de procedimentos em piscinas municipais
REG	Redução de regas de jardins públicos
TRED	Torneiras redutoras de consumo em fontanários públicos

Nível 3 (RCM n º83/ 2005)

ATAF	Agravamento de tarifas
ENCF	Encerramento de fontanários
EPISC	Encerramento de piscinas municipais
REFT	Reforço do sistema de análises e tratamento da qualidade água para consumo humano
AFUR	Activação de furos
RFUR	Reactivação de antigos furos
RPPA	Redução da pressão na rede pública de abastecimento

Nível 4 (RCM n º83/ 2005)

AUTB	Abastecimento por Autotanque dos Bombeiros
AUTM	Abastecimento por Autotanque do Município
DREN	Instalação de drenos nos leitos de rios
NFUR	Abertura de novos furos
PEP	Proibição do enchimento de piscinas
REQAP	Requisição de águas privadas por interesse público
REQPP	Requisição de águas públicas por interesse público
RES	Colocação de reservatórios de água para uso da população

Anexo 2 – Séries de Precipitação mensal, por Unidade de Análise e Gestão

Série de precipitação mensal (mm) ponderada para a Unidade de Análise e Gestão 1 (UAG 1)

Ano Hid	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1960/61	193,28	197,47	91,48	40,03	38,52	43,49	50,48	99,51	51,16	1,58	0,00	25,72
1961/62	56,78	165,85	217,22	85,06	44,62	168,85	66,31	9,76	35,59	0,00	0,00	60,07
1962/63	81,51	63,03	102,53	143,65	169,36	55,00	48,62	15,89	37,85	0,00	0,00	14,37
1963/64	34,20	225,06	190,80	19,16	189,54	140,75	11,11	18,59	46,71	11,35	0,52	22,26
1964/65	8,26	19,03	17,48	70,13	76,81	110,42	15,65	11,32	12,83	0,00	0,00	43,04
1965/66	180,04	122,86	118,66	150,05	199,52	51,38	130,65	18,04	1,75	0,00	7,91	13,64
1966/67	61,09	47,75	41,65	52,32	92,11	111,05	47,94	58,57	7,86	0,00	0,00	0,00
1967/68	43,05	95,69	20,86	0,00	172,18	113,63	28,75	45,01	5,88	0,00	37,12	13,24
1968/69	49,75	264,53	130,44	107,28	296,26	213,34	42,19	48,14	24,27	1,30	0,00	54,23
1969/70	91,11	145,40	23,56	200,55	11,98	17,21	6,06	47,49	88,23	0,00	0,00	0,00
1970/71	0,00	48,32	38,84	120,34	6,51	50,97	121,07	78,38	48,56	1,51	1,01	0,00
1971/72	0,00	0,00	42,89	89,91	209,65	89,83	4,17	25,77	4,45	2,36	0,00	45,77
1972/73	123,57	48,60	101,87	82,71	14,45	45,62	11,91	88,40	32,08	0,29	0,00	0,00
1973/74	26,41	49,03	69,92	49,48	102,65	78,22	60,75	22,05	44,50	0,00	0,00	0,00
1974/75	0,00	63,83	12,78	31,73	87,04	162,02	30,96	55,12	4,17	0,00	0,00	20,30
1975/76	47,47	26,02	67,78	25,56	89,18	35,14	126,37	11,54	22,52	18,11	0,00	65,44
1976/77	110,30	86,06	165,24	97,05	184,34	10,32	5,67	8,41	55,89	3,91	0,00	9,66
1977/78	88,33	87,78	205,43	23,59	174,68	59,13	127,10	43,11	50,01	0,00	0,00	2,73
1978/79	50,42	36,70	239,60	96,37	201,40	97,84	108,65	1,07	7,41	13,99	0,00	19,61
1979/80	259,01	12,34	34,81	30,63	63,90	96,70	17,92	54,69	6,61	0,89	11,90	4,43
1980/81	55,72	57,17	6,91	1,41	34,53	71,29	80,58	41,28	5,55	0,00	3,09	39,35
1981/82	33,74	1,25	250,54	76,45	55,98	21,35	31,15	13,92	7,08	2,02	17,72	49,47
1982/83	22,50	117,72	28,64	1,61	53,42	6,88	92,41	37,52	15,66	1,14	0,00	20,77
1983/84	42,95	340,63	116,97	44,66	10,51	94,23	62,89	64,09	58,66	3,25	5,06	6,92
1984/85	82,26	140,28	67,11	178,12	108,30	15,46	124,32	44,32	10,28	0,50	0,00	4,98
1985/86	1,19	101,50	76,80	57,93	136,90	15,95	54,35	20,50	0,14	0,00	0,00	96,55
1986/87	40,63	41,17	35,17	118,33	96,29	22,84	107,59	4,15	7,94	26,88	9,67	42,91
1987/88	83,95	75,60	155,93	143,85	41,28	10,50	46,86	53,04	89,75	21,38	0,00	0,00
1988/89	59,62	85,04	10,58	40,70	58,10	35,30	70,07	74,74	0,24	0,00	3,09	36,83
1989/90	84,49	218,77	335,93	52,62	10,99	35,46	95,21	10,11	0,18	0,21	3,28	14,90
1990/91	168,95	104,42	60,89	44,69	104,92	106,25	46,69	5,99	4,00	0,40	0,00	14,51
1991/92	77,94	26,43	64,10	19,81	38,09	18,01	62,67	36,44	55,40	4,89	31,49	22,88
1992/93	59,01	10,93	62,00	23,15	38,55	33,35	77,17	95,65	11,21	0,00	3,77	31,83
1993/94	123,52	94,48	8,84	70,26	103,16	19,21	20,01	131,23	0,91	0,91	0,68	7,19
1994/95	62,34	89,49	31,84	51,70	50,85	11,15	15,32	10,65	32,86	3,93	4,90	12,09
1995/96	11,75	137,43	234,93	314,11	59,43	64,27	31,13	75,97	2,58	1,15	0,06	47,22
1996/97	47,68	94,99	226,89	134,31	0,03	0,36	20,62	82,31	32,69	15,22	13,51	40,43
1997/98	94,40	282,45	175,04	57,15	85,85	16,23	48,79	124,80	8,87	0,00	0,00	51,58
1998/99	9,29	38,22	36,02	67,72	7,17	60,66	32,97	42,14	1,45	0,00	8,47	53,32
1999/00	207,55	12,43	42,93	7,37	15,06	14,90	162,17	115,58	2,89	1,61	0,00	12,25
2000/01	26,41	153,06	261,96	136,52	107,76	147,47	3,62	57,81	15,74	2,25	0,76	56,82
2001/02	99,32	23,95	16,23	70,35	17,30	95,24	40,63	23,25	3,51	0,25	2,81	70,74
2002/03	50,58	98,46	109,83	49,39	66,79	66,21	60,28	5,24	2,54	0,38	4,94	10,83
2003/04	167,84	112,65	61,14	42,84	42,80	36,96	28,04	24,28	3,09	0,25	24,55	5,61
2004/05	147,49	24,49	23,28	2,10	10,70	29,56	19,61	30,98	3,34	0,22	1,97	6,08
2005/06	154,44	54,83	49,25	29,62	46,27	97,78	34,62	0,74	45,28	6,94	9,19	30,88
2006/07	163,95	153,79	40,00	27,68	71,37	16,18	51,94	47,86	45,11	0,76	6,76	40,46
2007/08	55,00	63,22	11,76	50,64	81,16	15,81	111,02	73,87	2,33	0,02	0,40	12,32
2008/09	25,25	17,24	27,76	94,61	52,78	12,91	35,85	3,95	12,05	1,09	0,09	5,95
2009/10	51,80	21,50	106,23	18,95	171,97	90,66	56,99	33,10	22,47	0,00	0,00	3,44

Série de precipitação mensal (mm) ponderada para a Unidade de Análise e Gestão 2 (UAG 2)

Ano Hid	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1960/61	189,37	166,21	80,39	50,96	15,90	40,57	53,24	115,43	44,82	9,55	0,00	45,41
1961/62	52,83	151,54	150,88	86,19	49,80	168,31	32,23	18,50	49,65	0,00	0,00	34,53
1962/63	89,65	74,33	107,15	197,37	156,68	63,75	81,18	15,07	27,26	0,02	0,00	18,79
1963/64	22,85	214,03	208,60	37,64	188,85	136,09	17,57	17,63	33,62	14,38	0,39	18,56
1964/65	8,44	42,53	40,13	78,14	82,01	115,69	6,70	7,57	9,78	0,00	0,00	62,97
1965/66	185,87	116,83	91,10	166,29	176,15	19,32	141,95	13,80	7,66	0,00	4,64	18,26
1966/67	104,46	41,12	29,88	76,06	85,88	67,29	53,88	49,51	24,46	0,00	0,00	0,98
1967/68	49,49	112,22	17,83	0,55	188,42	121,83	32,17	29,82	9,60	0,00	33,62	14,15
1968/69	33,94	204,94	103,65	132,69	210,72	190,60	52,35	57,73	26,25	1,12	0,00	43,18
1969/70	84,47	128,80	32,57	316,98	14,37	31,05	6,65	59,02	94,98	0,00	0,77	0,04
1970/71	0,96	46,89	41,15	168,80	4,27	49,47	124,49	79,06	52,11	1,93	4,30	0,00
1971/72	1,97	3,38	39,40	118,57	171,06	84,18	10,36	30,46	4,42	11,25	0,00	31,36
1972/73	141,35	54,54	110,69	108,76	16,56	49,90	10,60	88,90	28,63	3,23	0,00	0,40
1973/74	30,18	46,67	81,49	70,46	91,92	73,47	62,45	33,67	40,49	0,00	0,00	0,63
1974/75	1,16	68,02	14,61	57,12	82,94	161,33	29,96	50,90	11,35	0,00	0,00	18,96
1975/76	44,09	25,49	82,57	33,35	74,58	47,74	123,60	23,85	26,00	8,83	5,74	81,23
1976/77	125,69	97,57	194,81	133,43	176,09	16,37	5,25	6,73	56,14	3,21	0,45	14,69
1977/78	81,78	90,18	215,38	33,08	173,54	57,60	104,73	50,26	38,36	0,00	0,00	2,79
1978/79	60,03	35,04	227,08	124,96	178,96	90,61	101,16	3,61	4,78	21,31	0,00	15,09
1979/80	285,45	14,54	32,58	39,19	63,70	92,95	23,24	47,46	7,27	0,43	13,31	5,76
1980/81	73,26	57,88	6,46	0,20	45,46	65,22	88,99	29,04	4,70	0,00	1,81	26,94
1981/82	21,60	2,10	226,90	81,90	58,78	29,08	42,81	10,65	8,54	8,81	20,39	43,06
1982/83	15,04	113,90	38,66	1,14	46,28	5,75	95,60	27,26	19,86	0,60	0,00	22,96
1983/84	37,09	269,01	98,12	45,11	13,59	82,73	64,30	56,73	54,81	1,45	0,77	4,92
1984/85	72,47	143,54	83,80	205,94	107,32	19,42	108,89	37,28	17,76	9,08	0,00	9,76
1985/86	0,00	79,11	77,19	68,95	146,45	22,43	49,92	23,65	0,13	0,00	0,00	127,89
1986/87	41,52	41,86	36,68	141,76	95,89	23,72	90,80	5,00	3,20	25,68	19,39	44,48
1987/88	92,32	79,76	166,50	118,22	26,66	7,50	33,94	49,63	114,98	22,56	0,00	0,51
1988/89	70,27	92,42	15,76	56,88	46,30	37,07	85,35	113,66	1,51	0,00	10,28	43,01
1989/90	117,33	185,05	344,10	44,06	10,02	44,49	114,27	18,25	0,10	0,00	0,02	11,59
1990/91	174,34	93,53	33,46	35,44	89,79	111,73	30,46	0,30	6,19	0,34	0,00	19,36
1991/92	71,06	12,62	65,58	20,20	13,56	13,53	55,73	54,28	56,76	4,93	6,09	21,96
1992/93	56,21	8,45	82,96	20,12	47,14	32,58	54,68	122,42	14,14	0,00	14,87	42,89
1993/94	145,68	111,56	7,30	70,32	93,45	12,37	21,99	90,53	0,00	0,85	0,00	3,58
1994/95	51,19	66,67	27,02	42,51	46,84	20,85	12,85	21,26	9,92	5,28	0,62	17,93
1995/96	14,38	161,32	253,44	279,42	58,28	42,21	21,09	88,62	1,44	0,49	0,00	71,81
1996/97	51,26	97,63	230,00	145,72	0,45	0,00	37,65	56,68	43,24	26,87	17,23	36,69
1997/98	67,21	290,35	151,15	52,72	92,94	11,20	51,05	173,47	3,10	0,00	0,09	66,51
1998/99	8,59	10,50	33,92	72,48	4,81	81,39	29,88	30,69	0,57	0,04	8,90	59,54
1999/00	163,75	8,03	41,87	10,82	13,70	22,39	157,12	105,67	4,79	1,24	0,56	10,02
2000/01	41,11	125,86	297,96	134,05	104,45	134,61	1,25	51,30	11,13	0,85	2,24	40,24
2001/02	61,65	25,49	27,19	79,46	15,85	92,27	72,48	26,25	5,23	0,53	19,00	44,08
2002/03	30,93	103,25	129,59	75,50	47,92	22,27	27,18	3,59	1,79	0,02	1,26	9,74
2003/04	164,20	101,89	83,75	27,77	44,18	35,35	23,40	25,27	1,39	0,30	12,72	13,31
2004/05	157,93	18,02	23,63	1,01	6,40	27,44	14,27	43,96	2,63	0,58	2,57	3,53
2005/06	139,06	67,01	52,46	25,75	37,79	102,04	37,68	0,57	40,05	3,66	13,36	34,31
2006/07	171,95	120,41	33,73	27,60	64,99	11,64	41,47	29,63	23,80	0,94	11,95	33,28
2007/08	62,81	50,84	11,86	55,68	73,27	15,77	99,52	78,24	1,89	0,14	0,70	16,78
2008/09	24,81	13,94	14,35	127,59	57,59	16,58	41,17	7,14	16,24	0,28	0,00	2,68
2009/10	18,76	10,44	58,37	33,58	106,92	91,58	54,02	32,88	20,24	0,00	0,00	2,91

Série de precipitação mensal (mm) ponderada para a Unidade de Análise e Gestão 3 (UAG 3)

Ano Hid	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1960/61	174,05	127,43	65,52	41,44	3,78	42,21	54,35	95,78	52,13	7,34	1,06	55,58
1961/62	42,11	135,25	78,35	69,61	54,22	170,44	19,17	16,02	50,15	0,00	0,00	19,99
1962/63	111,87	67,90	84,23	157,30	142,08	67,55	92,88	27,50	29,46	1,41	0,00	33,11
1963/64	13,58	160,87	201,28	36,59	158,85	129,01	25,72	12,68	31,77	13,58	0,66	32,96
1964/65	9,15	48,98	42,67	68,87	85,66	106,38	7,40	4,54	10,34	0,00	0,00	59,18
1965/66	187,38	95,72	56,43	126,30	163,76	0,00	117,52	9,82	13,43	0,00	4,25	16,75
1966/67	137,25	37,47	10,51	64,82	81,58	41,19	58,93	43,97	43,56	0,00	0,33	2,02
1967/68	52,25	101,53	18,06	0,49	176,53	109,67	43,56	19,81	11,54	0,38	6,82	11,30
1968/69	29,38	154,71	86,32	115,19	154,30	154,80	39,35	53,77	43,10	0,00	0,00	30,28
1969/70	67,11	108,60	40,63	280,85	15,27	36,14	13,69	51,29	102,03	0,00	0,58	0,23
1970/71	1,71	37,33	43,12	132,38	3,12	40,67	118,05	95,18	46,88	3,87	7,56	0,16
1971/72	5,49	4,62	41,86	100,71	136,90	64,13	6,16	23,93	2,27	14,54	0,00	18,65
1972/73	107,62	40,82	83,71	79,85	14,69	33,35	7,34	79,49	40,45	8,78	0,00	1,06
1973/74	25,60	32,06	66,64	54,65	59,72	57,51	56,68	24,43	23,35	0,22	0,00	1,01
1974/75	2,66	58,51	13,47	44,84	76,38	116,54	19,83	42,31	18,12	0,00	0,00	19,51
1975/76	22,15	15,37	82,28	28,70	64,22	43,96	87,96	16,32	38,68	1,81	9,96	59,16
1976/77	81,08	71,17	143,81	119,00	129,23	13,28	8,59	4,88	43,07	10,99	0,81	18,46
1977/78	84,57	62,67	163,54	28,53	136,49	48,92	76,68	46,33	19,86	0,00	0,00	6,27
1978/79	44,52	40,59	178,45	111,13	145,83	68,55	75,87	4,42	3,79	14,26	0,00	10,79
1979/80	203,04	19,94	19,73	31,52	54,03	71,35	28,57	36,72	8,95	2,82	8,05	16,67
1980/81	53,99	50,74	3,83	1,07	26,14	54,39	72,27	24,78	3,19	0,28	5,21	27,85
1981/82	21,18	2,88	170,20	64,25	42,43	27,46	30,95	7,78	4,19	12,15	20,26	48,72
1982/83	13,21	98,14	38,78	0,53	28,53	5,20	72,20	24,54	14,63	1,45	1,12	26,13
1983/84	35,40	205,51	78,35	25,90	14,20	65,41	66,07	44,91	40,23	1,16	0,07	5,19
1984/85	58,19	111,26	60,39	167,58	93,05	11,22	89,63	47,43	9,02	1,91	0,00	6,78
1985/86	0,05	59,29	62,16	52,62	111,91	21,16	58,90	17,82	0,26	0,00	0,04	83,59
1986/87	39,65	47,12	30,05	113,92	96,30	14,48	78,74	1,99	3,11	16,70	38,51	20,08
1987/88	73,87	64,72	136,54	105,32	18,68	2,03	32,71	69,49	107,60	21,74	0,00	0,67
1988/89	67,77	81,39	7,33	46,23	39,29	41,59	81,19	101,13	11,60	0,00	7,02	51,38
1989/90	162,83	142,66	260,30	40,68	5,41	39,14	115,35	18,99	0,68	0,00	3,32	7,45
1990/91	140,95	73,22	34,62	27,03	71,75	88,43	21,10	0,60	44,35	0,05	0,03	22,05
1991/92	58,90	7,99	49,79	14,63	13,74	17,71	55,04	37,38	46,44	0,25	4,46	19,67
1992/93	46,68	8,07	79,38	21,90	40,51	23,03	62,49	97,22	13,82	0,00	3,67	30,08
1993/94	134,97	102,35	4,36	63,70	76,76	6,75	20,52	72,97	0,48	0,22	0,00	4,28
1994/95	37,62	50,86	34,80	39,96	41,98	18,66	20,82	24,54	20,06	4,92	0,00	18,30
1995/96	8,81	143,93	191,93	259,43	39,77	45,60	23,97	83,78	0,00	0,00	0,42	39,78
1996/97	32,04	49,54	224,45	124,81	0,61	0,00	51,95	47,81	34,13	22,12	27,84	26,17
1997/98	75,10	274,91	129,13	43,46	70,62	12,89	40,63	117,53	2,25	0,00	0,00	45,45
1998/99	4,74	17,18	26,33	73,45	14,17	64,63	29,81	37,96	0,20	0,16	9,34	74,61
1999/00	141,31	12,74	25,43	6,37	11,24	26,92	140,40	78,31	4,94	0,46	0,59	6,94
2000/01	41,92	91,19	257,00	110,99	88,77	101,74	1,53	46,31	19,79	1,08	1,16	81,60
2001/02	142,57	53,64	49,21	55,21	14,86	81,25	77,40	28,89	2,08	0,36	3,99	55,42
2002/03	60,27	79,83	97,29	58,62	63,73	32,43	53,53	5,93	1,06	0,86	1,32	9,61
2003/04	145,06	72,82	67,46	32,01	51,20	30,76	19,05	25,14	3,06	0,05	9,32	12,04
2004/05	113,67	16,95	22,54	1,96	8,26	20,85	12,40	47,29	1,93	0,48	2,10	0,76
2005/06	124,76	69,47	51,17	27,88	37,46	80,57	35,26	0,92	22,31	15,07	9,64	29,79
2006/07	142,60	116,33	35,14	24,90	67,35	12,23	50,08	27,10	20,86	0,70	11,99	27,06
2007/08	58,34	38,73	9,70	51,96	68,63	21,11	88,30	59,62	0,98	0,45	0,19	17,91
2008/09	31,66	21,46	29,70	84,66	52,95	13,83	34,05	14,65	14,50	0,54	0,03	4,99
2009/10	10,30	12,20	142,94	86,22	116,65	79,08	58,15	16,58	13,06	0,00	0,00	1,72

Anexo 3 – Ajuste da função *Gamma* a dados de Precipitação acumulada a 3, 6 e 12 meses.

Parâmetros de caracterização, e respectivo p value, no ajuste da função distribuição de probabilidade Gamma à precipitação acumulada de 3 meses, em cada mês, por UAG.

Meses do ano	UAG 1				UAG 2				UAG 3			
	zeros	alpha	beta	p value	zeros	alpha	beta	p value	zeros	alpha	beta	p value
Out	s	1,904	56,627	0,697	n	1,502	70,064	0,303	n	1,660	58,122	0,650
Nov	s	3,419	56,308	0,655	n	2,568	71,986	0,303	n	2,805	58,179	0,303
Dez	n	2,938	88,568	0,494	n	3,185	80,476	0,299	n	3,885	56,789	0,148
Jan	n	2,597	98,221	0,115	n	2,850	92,437	0,016	n	3,097	71,584	0,408
Fev	n	2,947	83,958	0,450	n	2,952	86,272	0,450	n	2,974	72,414	0,239
Mar	n	3,533	60,968	0,733	n	3,326	65,739	0,189	n	3,353	55,431	0,369
Abr	n	3,553	56,459	0,130	n	3,966	47,912	0,636	n	4,661	35,704	0,369
Mai	n	5,362	29,737	0,239	n	5,584	28,146	0,067	n	6,790	20,553	0,333
Jun	n	4,708	25,622	0,587	n	3,801	31,744	0,540	n	4,450	25,169	0,029
Jul	n	2,360	28,843	0,845	n	2,168	32,387	0,837	n	2,562	25,380	0,372
Ago	n	1,040	28,178	0,098	n	0,958	31,734	0,416	n	1,021	29,315	0,067
Set	s	1,439	24,506	0,507	n	1,121	31,474	0,613	n	1,326	24,669	0,601

Parâmetros de caracterização, e respectivo p value, no ajuste da função distribuição de probabilidade Gamma à precipitação acumulada de 6 meses, em cada mês, por UAG.

Meses do ano	UAG 1				UAG 2				UAG 3			
	zeros	alpha	beta	p value	zeros	alpha	beta	p value	zeros	alpha	beta	p value
Out	n	6,746	25,415	0,792	n	5,679	30,894	0,380	n	5,971	27,042	0,217
Nov	n	4,136	52,681	0,501	n	4,005	53,737	0,416	n	4,169	46,312	0,433
Dez	n	3,366	85,778	0,190	n	3,659	78,696	0,300	n	4,416	56,692	0,338
Jan	n	4,173	85,531	0,168	n	4,890	75,251	0,027	n	5,467	58,143	0,086
Fev	n	5,410	80,885	0,347	n	5,801	76,144	0,130	n	6,404	59,446	0,241
Mar	n	5,959	79,810	0,333	n	6,389	74,347	0,167	n	6,756	60,170	0,369
Abr	n	5,450	83,603	0,006	n	5,567	81,466	0,212	n	6,143	63,181	0,148
Mai	n	6,849	59,403	0,045	n	6,945	59,303	0,903	n	7,633	46,501	0,212
Jun	n	8,643	38,878	0,540	n	8,038	42,217	0,780	n	8,715	34,178	0,934
Jul	n	7,608	34,994	0,120	n	8,133	31,748	0,754	n	10,278	22,328	0,841
Ago	n	8,624	21,837	0,421	n	7,562	24,744	0,090	n	9,088	18,594	0,283
Set	n	7,291	21,111	0,094	n	5,675	27,541	0,217	n	7,394	19,596	0,754

Parâmetros de caracterização, e respectivo p value, no ajuste da função distribuição de probabilidade Gamma à precipitação acumulada de 12 meses, em cada mês, por UAG.

Meses do ano	UAG 1				UAG 2				UAG 3			
	zeros	alpha	beta	p value	zeros	alpha	beta	p value	zeros	alpha	beta	p value
Out	n	9,114	68,919	0,188	n	9,283	67,689	0,969	n	10,005	54,624	0,917
Nov	n	11,092	56,289	0,076	n	10,873	57,494	0,516	n	10,940	49,743	0,841
Dez	n	12,679	49,215	0,214	n	12,932	48,399	0,217	n	13,592	40,184	0,271
Jan	n	9,744	64,235	0,650	n	9,748	64,506	0,114	n	10,512	52,290	0,601
Fev	n	9,744	64,235	0,650	n	9,748	64,506	0,114	n	10,512	52,290	0,601
Mar	n	8,978	69,822	0,501	n	9,050	69,601	0,338	n	10,036	54,843	0,700
Abr	n	10,060	62,323	0,212	n	10,403	60,549	0,086	n	11,201	49,163	0,307
Mai	n	9,348	66,924	0,342	n	9,801	64,099	0,505	n	10,794	50,871	0,656
Jun	n	9,301	67,201	0,421	n	9,841	63,779	0,168	n	10,824	50,664	0,421
Jul	n	9,189	68,322	0,682	n	9,653	65,174	0,214	n	10,603	51,624	0,485
Ago	n	9,234	67,991	0,828	n	9,759	64,464	0,132	n	10,688	51,211	0,581
Set	n	9,559	66,065	0,241	n	10,240	61,711	0,148	n	11,181	49,177	0,217

Anexo 4 – Avaliação de dados de Prec mensal abaixo da mediana (UAG 2 e UAG 3)

Avaliação de dados de P mensal (mm) abaixo da mediana – UAG 2

UAG 2	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
Mediana	**60,84**	**76,72**	**71,39**	**69,64**	**61,24**	**43,35**	**46,37**	**31,79**	**11,24**	**0,51**	**0,51**	**18,67**
1960/61	189,37	166,21	80,39	50,96	15,90	40,57	53,24	115,43	44,82	9,55	0,00	45,41
1961/62	52,83	151,54	150,88	86,19	49,80	168,31	32,23	18,50	49,65	0,00	0,00	34,53
1962/63	89,65	74,33	107,15	197,37	156,68	63,75	81,18	15,07	27,26	0,02	0,00	18,79
1963/64	22,85	214,03	208,60	37,64	188,85	136,09	17,57	17,63	33,62	14,38	0,39	18,56
1964/65	8,44	42,53	40,13	78,14	82,01	115,69	6,70	7,57	9,78	0,00	0,00	62,97
1965/66	185,87	116,83	91,10	166,29	176,15	19,32	141,95	13,80	7,66	0,00	4,64	18,26
1966/67	104,46	41,12	29,88	76,06	85,88	67,29	53,88	49,51	24,46	0,00	0,00	0,98
1967/68	49,49	112,22	17,83	0,55	188,42	121,83	32,17	29,82	9,60	0,00	33,62	14,15
1968/69	33,94	204,94	103,65	132,69	210,72	190,60	52,35	57,73	26,25	1,12	0,00	43,18
1969/70	84,47	128,80	32,57	316,98	14,37	31,05	6,65	59,02	94,98	0,00	0,77	0,04
1970/71	0,96	46,89	41,15	168,80	4,27	49,47	124,49	79,06	52,11	1,93	4,30	0,00
1971/72	1,97	3,38	39,40	118,57	171,06	84,18	10,36	30,46	4,42	11,25	0,00	31,36
1972/73	141,35	54,54	110,69	108,76	16,56	49,90	10,60	88,90	28,63	3,23	0,00	0,40
1973/74	30,18	46,67	81,49	70,46	91,92	73,47	62,45	33,67	40,49	0,00	0,00	0,63
1974/75	1,16	68,02	14,61	57,12	82,94	161,33	29,96	50,90	11,35	0,00	0,00	18,96
1975/76	44,09	25,49	82,57	33,35	74,58	47,74	123,60	23,85	26,00	8,83	5,74	81,23
1976/77	125,69	97,57	194,81	133,43	176,09	16,37	5,25	6,73	56,14	3,21	0,45	14,69
1977/78	81,78	90,18	215,38	33,08	173,54	57,60	104,73	50,26	38,36	0,00	0,00	2,79
1978/79	60,03	35,04	227,08	124,96	178,96	90,61	101,16	3,61	4,78	21,31	0,00	15,09
1979/80	285,45	14,54	32,58	39,19	63,70	92,95	23,24	47,46	7,27	0,43	13,31	5,76
1980/81	73,26	57,88	6,46	0,20	45,46	65,22	88,99	29,04	4,70	0,00	1,81	26,94
1981/82	21,60	2,10	226,90	81,90	58,78	29,08	42,81	10,65	8,54	8,81	20,39	43,06
1982/83	15,04	113,90	38,66	1,14	46,28	5,75	95,60	27,26	19,86	0,60	0,00	22,96
1983/84	37,09	269,01	98,12	45,11	13,59	82,73	64,30	56,73	54,81	1,45	0,77	4,92
1984/85	72,47	143,54	83,80	205,94	107,32	19,42	108,89	37,28	17,76	9,08	0,00	9,76
1985/86	0,00	79,11	77,19	68,95	146,45	22,43	49,92	23,65	0,13	0,00	0,00	127,89
1986/87	41,52	41,86	36,68	141,76	95,89	23,72	90,80	5,00	3,20	25,68	19,39	44,48
1987/88	92,32	79,76	166,50	118,22	26,66	7,50	33,94	49,63	114,98	22,56	0,00	0,51
1988/89	70,27	92,42	15,76	56,88	46,30	37,07	85,35	113,66	1,51	0,00	10,28	43,01
1989/90	117,33	185,05	344,10	44,06	10,02	44,49	114,27	18,25	0,10	0,00	0,02	11,59
1990/91	174,34	93,53	33,46	35,44	89,79	111,73	30,46	0,30	6,19	0,34	0,00	19,36
1991/92	71,06	12,62	65,58	20,20	13,56	13,53	55,73	54,28	56,76	4,93	6,09	21,96
1992/93	56,21	8,45	82,96	20,12	47,14	32,58	54,68	122,42	14,14	0,00	14,87	42,89
1993/94	145,68	111,56	7,30	70,32	93,45	12,37	21,99	90,53	0,00	0,85	0,00	3,58
1994/95	51,19	66,67	27,02	42,51	46,84	20,85	12,85	21,26	9,92	5,28	0,62	17,93
1995/96	14,38	161,32	253,44	279,42	58,28	42,21	21,09	88,62	1,44	0,49	0,00	71,81
1996/97	51,26	97,63	230,00	145,72	0,45	0,00	37,65	56,68	43,24	26,87	17,23	36,69
1997/98	67,21	290,35	151,15	52,72	92,94	11,20	51,05	173,47	3,10	0,00	0,09	66,51
1998/99	8,59	10,50	33,92	72,48	4,81	81,39	29,88	30,69	0,57	0,04	8,90	59,54
1999/00	163,75	8,03	41,87	10,82	13,70	22,39	157,12	105,67	4,79	1,24	0,56	10,02
2000/01	41,11	125,86	297,96	134,05	104,45	134,61	1,25	51,30	11,13	0,85	2,24	40,24
2001/02	61,65	25,49	27,19	79,46	15,85	92,27	72,48	26,25	5,23	0,53	19,00	44,08
2002/03	30,93	103,25	129,59	75,50	47,92	22,27	27,18	3,59	1,79	0,02	1,26	9,74
2003/04	164,20	101,89	83,75	27,77	44,18	35,35	23,40	25,27	1,39	0,30	12,72	13,31
2004/05	157,93	18,02	23,63	1,01	6,40	27,44	14,27	43,96	2,63	0,58	2,57	3,53
2005/06	139,06	67,01	52,46	25,75	37,79	102,04	37,68	0,57	40,05	3,66	13,36	34,31
2006/07	171,95	120,41	33,73	27,60	64,99	11,64	41,47	29,63	23,80	0,94	11,95	33,28
2007/08	62,81	50,84	11,86	55,68	73,27	15,77	99,52	78,24	1,89	0,14	0,70	16,78
2008/09	24,81	13,94	14,35	127,59	57,59	16,58	41,17	7,14	16,24	0,28	0,00	2,68
2009/10	18,76	10,44	58,37	33,58	106,92	91,58	54,02	32,88	20,24	0,00	0,00	2,91

Avaliação de dados de P mensal (mm) abaixo da mediana – UAG 3

UAG 3	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
Mediana	**56,09**	**60,98**	**58,41**	**54,93**	**56,97**	**40,93**	**51,02**	**28,20**	**14,16**	**0,45**	**0,62**	**19,08**
1960/61	174,05	127,43	65,52	41,44	3,78	42,21	54,35	95,78	52,13	7,34	1,06	55,58
1961/62	42,11	135,25	78,35	69,61	54,22	170,44	19,17	16,02	50,15	0,00	0,00	19,99
1962/63	111,87	67,90	84,23	157,30	142,08	67,55	92,88	27,50	29,46	1,41	0,00	33,11
1963/64	13,58	160,87	201,28	36,59	158,85	129,01	25,72	12,68	31,77	13,58	0,66	32,96
1964/65	9,15	48,98	42,67	68,87	85,66	106,38	7,40	4,54	10,34	0,00	0,00	59,18
1965/66	187,38	95,72	56,43	126,30	163,76	0,00	117,52	9,82	13,43	0,00	4,25	16,75
1966/67	137,25	37,47	10,51	64,82	81,58	41,19	58,93	43,97	43,56	0,00	0,33	2,02
1967/68	52,25	101,53	18,06	0,49	176,53	109,67	43,56	19,81	11,54	0,38	6,82	11,30
1968/69	29,38	154,71	86,32	115,19	154,30	154,80	39,35	53,77	43,10	0,00	0,00	30,28
1969/70	67,11	108,60	40,63	280,85	15,27	36,14	13,69	51,29	102,03	0,00	0,58	0,23
1970/71	1,71	37,33	43,12	132,38	3,12	40,67	118,05	95,18	46,88	3,87	7,56	0,16
1971/72	5,49	4,62	41,86	100,71	136,90	64,13	6,16	23,93	2,27	14,54	0,00	18,65
1972/73	107,62	40,82	83,71	79,85	14,69	33,35	7,34	79,49	40,45	8,78	0,00	1,06
1973/74	25,60	32,06	66,64	54,65	59,72	57,51	56,68	24,43	23,35	0,22	0,00	1,01
1974/75	2,66	58,51	13,47	44,84	76,38	116,54	19,83	42,31	18,12	0,00	0,00	19,51
1975/76	22,15	15,37	82,28	28,70	64,22	43,96	87,96	16,32	38,68	1,81	9,96	59,16
1976/77	81,08	71,17	143,81	119,00	129,23	13,28	8,59	4,88	43,07	10,99	0,81	18,46
1977/78	84,57	62,67	163,54	28,53	136,49	48,92	76,68	46,33	19,86	0,00	0,00	6,27
1978/79	44,52	40,59	178,45	111,13	145,83	68,55	75,87	4,42	3,79	14,26	0,00	10,79
1979/80	203,04	19,94	19,73	31,52	54,03	71,35	28,57	36,72	8,95	2,82	8,05	16,67
1980/81	53,99	50,74	3,83	1,07	26,14	54,39	72,27	24,78	3,19	0,28	5,21	27,85
1981/82	21,18	2,88	170,20	64,25	42,43	27,46	30,95	7,78	4,19	12,15	20,26	48,72
1982/83	13,21	98,14	38,78	0,53	28,53	5,20	72,20	24,54	14,63	1,45	1,12	26,13
1983/84	35,40	205,51	78,35	25,90	14,20	65,41	66,07	44,91	40,23	1,16	0,07	5,19
1984/85	58,19	111,26	60,39	167,58	93,05	11,22	89,63	47,43	9,02	1,91	0,00	6,78
1985/86	0,05	59,29	62,16	52,62	111,91	21,16	58,90	17,82	0,26	0,00	0,04	83,59
1986/87	39,65	47,12	30,05	113,92	96,30	14,48	78,74	1,99	3,11	16,70	38,51	20,08
1987/88	73,87	64,72	136,54	105,32	18,68	2,03	32,71	69,49	107,60	21,74	0,00	0,67
1988/89	67,77	81,39	7,33	46,23	39,29	41,59	81,19	101,13	11,60	0,00	7,02	51,38
1989/90	162,83	142,66	260,30	40,68	5,41	39,14	115,35	18,99	0,68	0,00	3,32	7,45
1990/91	140,95	73,22	34,62	27,03	71,75	88,43	21,10	0,60	44,35	0,05	0,03	22,05
1991/92	58,90	7,99	49,79	14,63	13,74	17,71	55,04	37,38	46,44	0,25	4,46	19,67
1992/93	46,68	8,07	79,38	21,90	40,51	23,03	62,49	97,22	13,82	0,00	3,67	30,08
1993/94	134,97	102,35	4,36	63,70	76,76	6,75	20,52	72,97	0,48	0,22	0,00	4,28
1994/95	37,62	50,86	34,80	39,96	41,98	18,66	20,82	24,54	20,06	4,92	0,00	18,30
1995/96	8,81	143,93	191,93	259,43	39,77	45,60	23,97	83,78	0,00	0,00	0,42	39,78
1996/97	32,04	49,54	224,45	124,81	0,61	0,00	51,95	47,81	34,13	22,12	27,84	26,17
1997/98	75,10	274,91	129,13	43,46	70,62	12,89	40,63	117,53	2,25	0,00	0,00	45,45
1998/99	4,74	17,18	26,33	73,45	14,17	64,63	29,81	37,96	0,20	0,16	9,34	74,61
1999/00	141,31	12,74	25,43	6,37	11,24	26,92	140,40	78,31	4,94	0,46	0,59	6,94
2000/01	41,92	91,19	257,00	110,99	88,77	101,74	1,53	46,31	19,79	1,08	1,16	81,60
2001/02	142,57	53,64	49,21	55,21	14,86	81,25	77,40	28,89	2,08	0,36	3,99	55,42
2002/03	60,27	79,83	97,29	58,62	63,73	32,43	53,53	5,93	1,06	0,86	1,32	9,61
2003/04	145,06	72,82	67,46	32,01	51,20	30,76	19,05	25,14	3,06	0,05	9,32	12,04
2004/05	113,67	16,95	22,54	1,96	8,26	20,85	12,40	47,29	1,93	0,48	2,10	0,76
2005/06	124,76	69,47	51,17	27,88	37,46	80,57	35,26	0,92	22,31	15,07	9,64	29,79
2006/07	142,60	116,33	35,14	24,90	67,35	12,23	50,08	27,10	20,86	0,70	11,99	27,06
2007/08	58,34	38,73	9,70	51,96	68,63	21,11	88,30	59,62	0,98	0,45	0,19	17,91
2008/09	31,66	21,46	29,70	84,66	52,95	13,83	34,05	14,65	14,50	0,54	0,03	4,99
2009/10	10,30	12,20	142,94	86,22	116,65	79,08	58,15	16,58	13,06	0,00	0,00	1,72

Anexo 5 – Histórico de registos de escoamento mensal (mm) das estações hidrométricas avaliadas

Série de dados de escoamento mensal (mm) – Estação hidrométrica de Monte Pisão (UAG 1)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1981/82	0,25	0,20	124,06	44,88	14,97	8,25	5,36	0,87	0,13	0,00	0,00	0,00
1982/83	0,43	8,55	7,44	5,68	3,83	2,84	3,66	11,51	2,79	-	-	-
1983/84	0,12	90,04	57,96	24,58	13,00	23,72	21,56	11,65	9,50	1,38	0,30	0,22
1984/85	0,00	22,86	36,58	125,86	79,00	19,26	35,65	17,74	5,47	1,05	0,37	1,20
1985/86	0,56	4,67	10,55	23,41	78,16	18,86	8,88	4,67	0,19	0,00	0,00	1,95
1986/87	0,75	2,44	5,50	20,12	50,79	15,90	49,47	4,74	0,35	0,00	0,00	0,00
1987/88	1,14	10,07	52,91	102,25	37,39	12,92	14,03	17,92	9,47	8,42	0,13	0,07
1988/89	2,84	5,54	4,32	3,20	3,99	5,00	7,72	6,58	1,22	0,00	0,00	0,00
1989/90	0,04	34,07	184,02	44,12	22,39	9,42	6,15	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00
1990/91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991/92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992/93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993/94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994/95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995/96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996/97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997/98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999/00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000/01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0
2001/02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2002/03	0,0	0,7	13,4	51,9	26,8	15,9	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2003/04	2,3	17,5	49,3	21,5	40,7	3,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2004/05	8,6	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2005/06	13,6	2,0	5,3	1,1	1,2	31,7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2006/07	36,0	108,5	54,1	0,1	32,3	4,3	0,0	-	0,0	-	-	-
2007/08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Série de dados de escoamento mensal (mm) – Estação hidrométrica de Ponte Algalé (UAG 1)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1981/82	-	-	-	-	-	1,30	1,62	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
1982/83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,24	0,21	0,22	0,04	0,00	0,00	0,00
1983/84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984/85	-	-	16,03	-	-	7,59	9,26	3,03	0,18	0,00	0,00	0,00
1985/86	0,00	0,00	0,02	3,89	40,11	11,37	1,87	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00
1986/87	0,00	0,00	0,05	2,88	24,10	6,53	26,71	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
1987/88	0,05	0,21	22,86	51,51	18,15	2,42	0,64	0,65	0,23	0,33	0,00	0,00
1988/89	0,00	0,02	0,06	0,22	0,19	0,19	0,29	0,27	0,19	0,00	0,00	0,00
1989/90	0,11	24,70	223,36	34,80	11,88	4,86	1,83	0,32	0,20	0,00	0,00	0,00
1990/91	2,54	22,03	15,91	13,13	31,74	43,60	2,66	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
1991/92	0,23	0,13	0,22	0,22	0,35	0,23	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1992/93	0,00	0,08	0,18	0,22	0,19	0,22	0,20	0,22	0,18	0,00	0,00	0,00
1993/94	0,00	5,30	1,37	10,03	13,57	6,32	0,44	0,69	0,06	0,00	0,00	0,00
1994/95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995/96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996/97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997/98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999/00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000/01	-	-	-	-	-	-	-	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
2001/02	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5	3,4	2,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
2002/03	0,0	1,4	33,1	46,4	36,1	22,9	6,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
2003/04	0,0	-	51,0	22,7	33,7	10,2	2,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
2004/05	0,5	1,5	1,1	0,3	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2005/06	2,7	2,3	6,6	3,4	3,5	26,2	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2006/07	19,6	-	34,6	5,6	27,2	5,2	1,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
2007/08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Série de dados de escoamento mensal (mm) – Estação hidrométrica de Amieira (UAG 3)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1965/66	17,3	49,6	26,1	84,7	97,7	10,2	38,2	1,2	0,7	0,0	0,1	0,0
1966/67	0,0	3,7	2,3	2,8	14,0	15,0	2,7	2,2	1,4	0,4	0,0	0,0
1967/68	0,1	0,9	0,5	0,4	43,5	54,3	4,4	1,2	0,6	0,2	0,0	0,0
1968/69	0,0	13,5	39,0	62,2	107,1	151,6	7,7	2,4	1,6	0,1	0,0	0,0
1969/70	0,5	6,3	3,3	330,5	11,7	3,9	2,0	0,8	3,8	0,2	0,0	0,0
1970/71	0,0	0,0	0,4	12,9	2,5	1,0	14,0	8,5	5,7	0,1	0,0	0,0
1971/72	0,0	0,0	0,0	3,7	90,2	14,4	1,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
1972/73	0,3	0,7	7,8	33,9	2,8	1,4	0,5	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0
1973/74	1,1	0,1	0,8	3,7	5,7	2,5	2,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
1974/75	0,0	0,0	0,0	0,4	2,4	26,6	1,1	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0
1975/76	0,0	0,0	0,1	0,1	2,0	0,7	0,7	0,2	0,4	0,5	0,0	0,0
1976/77	0,1	3,8	38,4	54,2	90,3	9,1	1,7	0,4	1,2	0,1	0,0	0,0
1977/78	0,0	0,14	60,79	8,42	-	43,88	5,11	6,07	0,8	0,08	0	0
1978/79	0,11	0,31	39,93	65,24	127,21	18,86	52,94	2,79	0,42	0,19	0,06	1,39
1979/80	-	1,36	1,97	2,31	4,73	14,31	2,24	0,89	-	0	0	0
1980/81	0	0,01	0,12	0,2	0,13	1,25	1,42	0,15	0,01	0	0	0
1981/82	0	0	10,39	21,2	3,82	1,26	0,52	0,06	0	0	0	0
1982/83	0	0,46	0,31	0,32	0,29	0,2	0,12	0,08	0,01	0	0	0
1983/84	0	28,91	36,07	0,88	0,74	1,91	2,93	0,58	0,21	0,02	0	0
1984/85	0	0,9	10,58	130,36	76,07	4,04	3,42	3,56	0,29	0,01	0	0
1985/86	0	0	0,13	1,3	36,98	4,12	2,28	0,42	0,02	0	0	0,04
1986/87	0,34	0,41	0,43	7,28	25,1	3,62	6,88	0,3	0,01	0	0	0
1987/88	0	2,13	47,11	58,39	9,75	1,77	0,66	2,02	2,42	1,12	0,01	0
1988/89	0,03	0,92	0,85	1,03	0,9	0,91	8,11	5,03	2,13	0,09	0	0,06
1989/90	6,78	149,67	242,01	20,8	6,86	6,86	10,66	2,17	0,24	0,04	0	0
1990/91	3,28	25,94	3,93	6,55	14,66	64,1	1,99	0,42	0,94	0,01	0	1,77
1991/92	0,35	0,31	0,6	-	0,36	0,26	0,61	0,03	0,03	0	0	0
1992/93	0	0	0,01	-	0,8	0,41	0,09	1,04	0,34	0	0	0
1993/94	0,26	21,89	1,35	6,96	9,63	5,6	0,69	0,46	0,09	0	0	0,02
1994/95	0	0,03	0,21	0,4	1,09	0,37	-	0,01	0	0	0	0
1995/96	0	-	81,24	227,46	29,46	8,34	2,34	4,15	0,23	0	0	0
1996/97	0,08	0,76	66,13	104,88	3,62	1,52	0,79	0,51	0,96	0,03	0,1	0,17
1997/98	1,36	91,72	106,76	22,02	73,18	2,9	1,34	5,48	1,83	0,04	0	0,73
1998/99	0,07	0,27	0,34	1,43	0,63	2,25	0,4	0,22	0,01	0	0	0,78
1999/00	4,9	1,16	0,97	0,85	0,52	0,29	4,71	21,88	0,45	-	-	0
2000/01	0	0,04	-	88,34	69,06	-	3,37	1,53	0,22	0,02	0	0,18
2001/02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002/03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004/05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005/06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006/07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007/08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Anexo 6 – Histórico de registos de volumes armazenados ao final do mês (hm3) nas principais albufeiras públicas

Série de dados de volumes armazenados ao final do mês (hm3) – Albufeira do Caia (UAG 1)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1966/67	-	-	-	-	12,50	14,60	18,50	20,37	20,30	19,59	18,41	17,00
1967/68	16,84	17,32	17,36	17,81	29,27	44,74	46,26	44,21	39,56	32,51	26,10	23,66
1968/69	22,88	29,81	43,73	80,73	107,00	167,63	168,76	165,05	157,80	142,43	128,01	122,57
1969/70	123,93	130,59	133,72	160,22	136,44	138,35	131,55	123,52	117,95	104,26	90,51	84,24
1970/71	80,82	79,30	79,02	94,92	98,56	97,88	108,93	108,48	107,00	93,21	80,82	72,49
1971/72	69,42	67,77	67,46	70,84	102,89	114,06	109,62	101,07	89,56	75,31	60,93	55,33
1972/73	55,26	56,11	69,42	88,42	92,98	93,77	86,52	78,26	68,71	53,57	38,71	31,84
1973/74	30,15	29,98	30,74	32,85	43,08	46,79	47,44	44,15	39,13	30,40	21,48	16,90
1974/75	14,82	14,55	14,80	15,98	18,44	48,74	49,00	45,83	42,44	34,41	26,69	22,32
1975/76	20,63	20,60	21,45	21,77	24,41	24,86	25,64	24,47	20,86	16,78	13,64	12,57
1976/77	13,11	25,81	57,74	101,41	179,21	191,01	189,68	183,02	177,30	168,28	157,48	150,39
1977/78	148,61	150,87	196,15	196,15	205,29	196,15	198,25	195,58	191,76	181,49	169,41	162,64
1978/79	160,22	159,09	193,68	194,82	186,06	184,37	185,87	179,97	171,50	161,51	148,77	141,61
1979/80	152,32	153,13	153,93	-	-	173,93	173,44	169,25	161,02	147,48	136,85	129,64
1980/81	127,06	126,51	125,56	124,34	123,52	123,66	121,21	115,20	105,97	92,79	82,53	75,79
1981/82	73,04	71,15	97,08	120,26	128,28	128,69	125,29	114,74	105,29	91,94	80,92	74,08
1982/83	71,70	73,19	73,35	73,04	73,43	72,80	68,95	64,23	55,72	44,74	34,59	28,17
1983/84	25,71	79,78	113,83	124,34	128,28	136,99	142,43	138,48	133,86	120,94	108,14	99,02
1984/85	96,51	102,67	115,54	175,97	188,16	187,59	194,06	191,20	182,64	168,12	154,42	144,58
1985/86	139,43	139,03	140,79	147,32	179,02	182,83	181,49	172,79	160,70	144,26	129,64	123,66
1986/87	121,48	120,12	119,99	125,15	143,78	147,32	162,15	152,64	139,30	124,07	108,93	100,73
1987/88	98,45	98,68	119,71	157,96	171,02	173,11	171,34	166,18	160,70	148,61	141,07	-
1988/89	116,99	117,13	116,59	116,18	116,59	116,45	115,54	108,71	97,42	82,91	67,06	61,80
1989/90	59,83	72,96	174,24	180,35	185,87	189,30	190,06	180,54	164,73	144,10	127,06	119,44
1990/91	121,62	134,67	140,25	151,51	170,21	191,78	191,01	176,92	161,19	141,75	124,75	115,31
1991/92	113,49	111,78	112,58	112,47	112,47	112,01	108,59	97,08	91,37	75,03	61,72	54,35
1992/93	52,78	52,52	53,63	53,83	54,87	55,59	54,15	54,67	51,87	42,28	34,97	32,73
1993/94	34,54	43,83	46,00	60,62	68,87	75,79	73,35	74,93	66,36	53,17	43,83	38,71
1994/95	38,23	39,99	40,47	42,80	47,37	48,74	43,51	39,29	33,19	25,87	18,81	16,15
1995/96	14,80	15,20	56,96	183,97	193,91	196,34	195,77	193,87	189,35	169,57	157,96	153,13
1996/97	151,35	151,68	179,97	188,54	186,63	181,49	176,16	172,31	165,38	150,55	133,59	126,11
1997/98	124,61	184,16	185,11	197,30	184,73	182,26	181,49	181,11	172,47	151,35	132,50	125,83
1998/99	124,07	123,52	122,43	124,47	123,93	124,75	121,21	115,50	100,50	82,63	69,19	65,33
1999/00	75,12	75,12	76,45	78,07	78,73	76,74	78,07	82,15	71,80	58,42	46,13	40,84
2000/01	39,35	43,30	104,38	175,59	189,30	186,25	188,35	186,44	174,57	159,09	144,58	138,35
2001/02	138,62	138,21	136,99	138,35	138,75	140,52	140,25	134,40	124,07	107,61	92,65	92,41
2002/03	91,94	93,09	107,22	132,09	146,19	156,83	161,83	156,99	143,13	129,10	115,36	110,41
2003/04	110,53	118,35	143,62	154,58	173,28	177,50	176,92	170,66	158,61	140,55	127,17	125,02
2004/05	124,47	126,51	126,38	125,70	124,61	119,31	115,66	111,44	101,53	88,23	78,54	73,74
2005/06	76,45	78,73	82,91	85,19	87,66	101,87	102,44	96,40	89,66	79,02	69,33	66,36
2006/07	74,46	120,26	141,20	143,92	159,09	161,51	161,19	157,80	150,87	138,07	128,01	123,39
2007/08	122,57	123,52	122,84	124,61	128,28	127,60	131,95	129,37	120,39	106,31	94,92	89,75
2008/09	88,71	87,09	86,62	92,41	107,22	106,88	103,69	96,97	88,52	76,36	67,93	63,45
2009/10	58,97	58,65	67,77	100,84	146,68	192,73	196,73	193,11	185,68	172,15	158,07	153,77

Série de dados de volumes armazenados ao final do mês (hm3) – Albufeira do Lucefecit (UAG 2)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1981/82	-	-	-	8,30	8,63	9,04	9,04	8,86	8,42	8,00	7,49	7,19
1982/83	6,74	6,64	6,64	6,47	6,42	6,38	6,38	5,85	5,42	5,04	5,04	4,34
1983/84	4,20	8,55	8,93	8,58	6,60	6,72	6,83	5,17	4,19	-	-	-
1984/85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985/86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1986/87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1987/88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1988/89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989/90	-	-	-	9,49	9,49	9,49	9,49	9,49	9,49	9,49	7,43	6,11
1990/91	5,54	6,31	5,57	5,85	6,57	6,57	6,57	6,57	6,57	7,15	5,99	5,14
1991/92	4,86	4,86	4,86	-	-	-	7,43	4,19	3,94	3,16	2,39	1,89
1992/93	1,82	1,77	1,73	1,73	1,80	1,92	1,82	2,12	1,92	1,53	1,28	1,15
1993/94	1,23	7,15	7,37	8,02	9,34	9,05	8,90	9,05	8,18	6,72	5,74	5,08
1994/95	4,79	4,79	4,86	4,86	5,41	5,45	4,69	4,37	3,60	2,62	1,73	1,50
1995/96	1,40	2,64	10,23	9,49	8,90	9,34	9,83	9,99	8,72	6,67	4,97	4,31
1996/97	4,25	5,06	8,90	9,22	9,68	9,71	9,47	9,16	8,36	-	-	4,55
1997/98	4,97	7,15	10,23	8,46	8,81	10,08	10,08	10,23	9,12	6,79	4,43	3,97
1998/99	3,91	3,91	3,96	4,32	4,35	4,77	4,42	4,21	2,92	1,63	0,85	0,70
1999/00	2,39	2,60	2,83	2,93	2,99	2,99	4,32	9,96	8,71	6,86	0,18	3,56
2000/01	3,39	4,11	9,16	10,23	9,99	10,23	10,20	10,02	8,49	6,13	3,98	3,55
2001/02	5,62	5,79	6,21	7,99	8,43	10,23	10,18	9,64	8,26	5,88	3,86	3,55
2002/03	3,48	4,04	9,64	9,75	9,66	10,23	10,23	9,41	7,94	5,51	3,56	3,00
2003/04	3,53	8,23	8,81	10,11	10,00	10,17	10,08	9,49	7,59	5,65	4,49	3,60
2004/05	3,98	4,29	4,35	4,35	4,25	4,09	3,73	3,25	2,42	1,74	1,30	1,13
2005/06	2,07	2,75	4,27	4,46	5,42	10,08	10,23	9,56	8,84	7,67	6,69	6,28
2006/07	8,69	9,93	9,99	10,08	10,11	10,14	10,11	9,61	8,60	6,46	4,52	3,91
2007/08	4,43	5,00	5,00	5,92	7,47	7,83	9,52	9,58	8,63	6,57	4,53	3,83
2008/09	3,70	3,60	3,70	6,36	10,23	10,11	9,84	8,99	7,64	5,28	3,60	3,01
2009/10	2,92	2,91	9,78	10,23	10,23	10,23	10,02	10,23	9,43	7,53	5,40	4,33

Série de dados de volumes armazenados ao final do mês (hm3) – Albufeira da Vigia (UAG 3)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1981/82	-	-	-	2,75	3,13	3,18	3,18	3,13	-	2,87	2,74	2,63
1982/83	2,46	2,52	-	2,61	2,64	2,64	2,64	2,52	2,42	2,21	2,00	1,83
1983/84	1,73	6,00	9,34	9,52	9,95	9,98	10,14	10,23	10,26	-	-	-
1984/85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985/86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1986/87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1987/88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1988/89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989/90	-	-	-	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	16,60	14,12	12,21	10,32
1990/91	9,77	10,45	13,33	13,93	14,92	17,00	14,22	12,56	11,44	9,52	7,31	6,70
1991/92	6,56	6,42	6,37	6,30	6,20	5,99	5,88	5,61	5,38	4,45	4,15	3,97
1992/93	3,87	3,78	3,75	3,70	3,83	3,77	3,68	3,89	3,74	3,54	3,36	3,24
1993/94	3,23	5,58	5,53	6,92	8,91	9,29	8,87	8,64	7,56	6,34	5,40	5,09
1994/95	5,00	4,95	4,87	4,83	4,80	4,63	4,26	4,05	3,74	3,45	3,20	3,05
1995/96	2,91	4,21	16,60	17,21	17,05	16,80	16,57	16,98	15,25	12,77	10,95	10,43
1996/97	10,25	10,25	17,36	17,18	17,00	16,63	16,03	15,39	14,12	12,32	10,95	10,55
1997/98	-	17,00	17,00	17,03	16,98	16,66	16,34	17,03	15,58	12,62	10,56	9,85
1998/99	9,55	9,31	9,07	9,28	9,13	9,19	8,70	8,07	5,96	3,75	2,53	2,30
1999/00	4,29	4,25	4,24	4,16	4,08	4,05	-	9,68	8,97	8,16	7,37	6,76
2000/01	6,56	6,67	17,13	17,13	17,13	17,10	16,73	16,09	13,96	11,85	10,15	9,50
2001/02	10,45	10,29	10,28	11,24	11,32	13,34	15,39	14,50	12,80	10,75	9,19	9,05
2002/03	9,04	9,78	17,41	17,38	17,41	17,41	17,28	16,22	14,00	12,02	10,23	9,19
2003/04	9,22	10,14	14,63	15,20	17,15	17,23	16,88	15,58	13,23	10,61	8,93	8,39
2004/05	8,66	8,55	8,45	8,14	7,87	7,53	7,04	6,25	5,12	4,16	3,54	3,30
2005/06	4,05	4,53	5,00	4,98	5,06	7,89	7,86	6,82	5,81	4,51	3,45	3,15
2006/07	4,24	7,71	9,68	9,74	13,08	12,97	12,80	12,24	11,11	9,32	7,77	7,12
2007/08	8,13	8,13	8,01	8,11	8,90	8,96	9,64	9,50	8,52	6,53	4,93	4,28
2008/09	4,16	4,08	4,08	6,82	8,31	8,26	7,77	6,79	5,34	3,79	2,56	2,07
2009/10	1,95	1,90	5,32	16,56	16,43	17,43	17,28	16,54	14,79	12,58	10,77	9,98

Série de dados de volumes armazenados ao final do mês (hm3) – Albufeira de Monte Novo (UAG 3)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1989/90	-	-	-	15,28	15,28	15,28	15,28	15,28	15,15	14,18	13,82	12,97
1990/91	12,37	12,61	15,28	15,28	15,28	15,28	15,31	15,41	15,08	14,43	13,58	13,05
1991/92	9,69	9,63	9,44	9,26	9,14	9,09	8,75	8,24	7,75	7,38	6,69	6,22
1992/93	6,10	5,72	5,85	5,56	5,59	5,26	5,00	5,06	4,72	4,09	3,72	3,25
1993/94	4,93	8,93	9,02	12,85	15,28	15,28	15,03	14,79	14,01	13,26	11,78	10,91
1994/95	10,81	10,62	10,43	10,25	10,07	10,00	9,49	9,02	8,66	7,96	7,43	6,90
1995/96	6,51	8,31	15,28	15,28	15,28	15,28	15,28	15,28	14,31	14,04	12,97	12,49
1996/97	12,05	11,88	15,28	15,28	15,28	15,25	14,91	14,64	14,28	13,68	13,14	12,63
1997/98	12,85	14,57	15,28	15,28	15,28	15,28	15,28	15,28	14,84	14,26	13,17	12,63
1998/99	12,08	11,66	11,40	11,30	11,06	11,06	10,52	10,11	9,46	8,70	8,01	7,57
1999/00	8,93	8,70	8,63	8,40	8,13	8,31	10,79	15,28	14,55	13,75	12,85	12,17
2000/01	11,71	11,54	15,28	15,28	15,28	15,28	14,38	14,11	13,24	12,44	11,52	11,08
2001/02	11,28	10,98	10,86	12,34	12,85	15,28	15,28	14,84	14,09	13,14	12,25	12,15
2002/03	11,69	12,39	15,28	15,28	15,28	15,28	15,28	14,91	13,94	12,97	12,17	11,49
2003/04	11,28	11,86	15,28	15,28	15,28	15,28	15,11	14,57	13,70	12,56	11,74	10,96
2004/05	11,11	11,03	10,86	10,39	10,13	9,81	9,26	8,84	7,96	7,08	6,41	5,85
2005/06	6,18	6,85	8,20	8,31	8,75	12,88	12,85	12,10	11,42	10,45	9,77	9,16
2006/07	12,37	15,25	15,25	15,25	15,25	15,20	15,23	14,79	14,28	13,24	12,32	11,78
2007/08	11,64	11,37	10,91	10,86	10,86	9,90	12,73	12,37	11,45	10,16	9,28	8,15
2008/09	7,69	7,24	6,87	11,52	13,07	12,95	12,27	11,28	10,32	9,28	8,15	7,29
2009/10	6,61	6,24	13,09	13,34	13,58	13,58	13,41	13,05	11,91	10,72	9,53	8,45

Série de dados de volumes armazenados ao final do mês (hm3) – Albufeira de Alqueva (UAG 3)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
2002/03	-	-	815,15	1207,74	1484,92	1583,15	1563,39	1575,22	1579,18	1573,24	-	1602,15
2003/04	1664,72	1937,96	2438,74	2527,62	2920,39	3255,55	3386,93	3425,44	3386,93	3332,08	3313,30	3462,20
2004/05	3247,38	3241,27	3184,77	3070,86	3009,80	2972,20	2948,03	2922,23	2880,32	2814,16	2782,53	2752,98
2005/06	2754,71	2746,08	2759,91	2716,92	2728,89	2826,56	2764,59	2727,17	2672,91	2604,97	2554,75	2541,94
2006/07	2759,91	3348,86	3631,45	3577,13	3761,44	3723,83	3686,60	3606,46	3454,80	3473,09	3288,43	3231,93
2007/08	3253,51	3212,90	3172,80	3158,88	3216,94	3241,27	3315,38	3307,07	3216,49	3162,95	3092,15	3151,57
2008/09	3182,77	3127,05	3164,84	3284,30	3494,97	3407,99	3399,91	3423,30	3401,90	3276,67	3249,37	3216,97
2009/10	3220,34	3204,95	3699,34	4182,60	4254,13	4054,00	4054,00	4096,81	4000,20	3764,94	3624,04	3525,00

Anexo 7 – Histórico de registos de afluências mensais (hm3) à entrada em Portugal (Badajoz)

Série de dados de escoamento mensal (mm) – Estação hidrométrica de Monte da Vinha (Portugal)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1979/80	351,68	134,20	160,92	119,83	68,98	83,19	35,22	45,80	31,34	34,75	23,36	24,98
1980/81	33,10	27,33	21,94	21,46	11,87	1,84	8,71	9,34	9,26	13,91	23,68	31,53
1981/82	16,91	3,05	80,36	223,64	58,41	27,33	14,49	8,17	5,91	3,73	10,22	14,01
1982/83	23,13	27,83	8,37	12,62	12,95	4,63	3,11	3,76	4,16	6,52	5,14	6,71
1983/84	3,66	468,93	392,71	101,30	41,38	98,19	90,67	34,10	53,87	33,03	35,46	34,54
1984/85	24,68	77,86	104,93	1084,87	658,82	227,15	145,54	227,15	156,05	53,84	44,68	47,18
1985/86	45,64	21,93	38,30	142,77	482,28	300,25	112,32	71,90	43,97	42,90	31,77	55,39
1986/87	37,00	20,82	16,31	55,22	256,66	88,68	433,49	26,83	16,07	29,76	33,22	36,35
1987/88	26,93	68,48	928,16	539,86	381,93	93,41	24,96	37,42	54,22	23,77	29,33	22,42
1988/89	32,68	70,87	36,50	33,00	22,02	14,50	20,72	25,16	18,12	18,32	25,36	32,65
1989/90	41,54	319,98	1963,98	357,88	109,87	-	68,45	46,13	30,68	28,00	50,08	41,70
1990/91	38,93	75,66	58,70	71,13	76,16	288,50	62,71	49,94	50,51	51,43	57,58	62,81
1991/92	62,66	62,66	54,36	43,75	45,75	30,44	29,66	38,02	57,43	43,23	48,50	47,07
1992/93	35,67	21,48	17,01	16,12	16,47	9,50	6,78	14,66	7,25	16,09	8,15	8,64
1993/94	49,73	28,03	37,44	70,22	31,77	54,34	7,70	26,46	6,56	6,29	11,27	27,03
1994/95	6,30	6,20	40,94	10,87	14,49	2,58	0,22	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03
1995/96	0,03	4,08	285,72	1565,95	305,73	82,42	36,40	67,12	2,30	26,36	28,27	36,50
1996/97	21,15	18,32	366,00	2577,30	256,29	15,06	18,68	2,66	6,33	31,07	7,50	64,27
1997/98	47,96	611,80	1232,96	841,53	1396,07	90,88	28,40	11,77	8,18	57,48	76,17	107,51
1998/99	73,10	42,28	49,28	27,07	14,43	14,13	10,46	2,67	1,60	18,78	36,77	35,68
1999/00	152,64	30,53	23,39	24,82	22,01	7,87	65,62	84,64	29,43	24,08	44,73	48,07
2000/01	44,36	38,51	417,97	919,44	1022,14	818,16	60,21	-	36,47	49,29	51,14	48,92
2001/02	93,20	50,92	34,57	58,59	38,98	64,09	54,56	36,01	45,90	25,64	38,96	48,56
2002/03	29,74	33,57	91,29	158,53	161,20	118,53	56,37	24,25	23,04	24,17	31,03	37,80
2003/04	51,14	164,59	254,97	71,93	356,73	165,23	110,06	67,70	29,76	32,32	46,30	36,08
2004/05	69,10	70,88	38,42	21,99	15,11	15,95	24,28	36,68	22,55	19,97	36,55	35,51
2005/06	28,30	46,32	31,31	25,63	22,56	62,28	25,92	33,34	39,46	36,24	64,22	31,08
2006/07	137,44	427,33	184,86	48,67	119,26	50,39	45,18	40,19	36,87	28,55	38,90	56,17
2007/08	74,84	24,38	19,95	25,50	38,17	18,86	40,99	34,31	24,84	-	-	-
2008/09	-	25,08	31,23	47,63	126,26	-	23,30	31,50	-	-	-	-
2009/10	-	15,70	266,34	-	-	-	151,33	54,49	-	-	34,85	45,08

Série de dados de escoamento mensal (mm) – Estação hidrométrica Azud de Badajoz (Rede SAIH - Espanha)

Ano Hid.	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET
1995/96	-	-	246,06	1458,39	315,09	77,10	44,43	56,02	18,84	33,93	33,53	50,71
1996/97	39,46	33,36	408,94	1910,06	332,03	73,42	42,88	47,71	51,39	72,08	54,66	61,77
1997/98	50,37	1222,23	1241,41	874,72	1664,31	187,52	57,52	96,29	48,68	53,68	73,83	117,06
1998/99	79,87	112,69	76,98	37,79	27,84	20,85	32,33	45,84	30,76	32,20	39,61	35,87
1999/00	139,96	53,28	36,76	32,18	23,05	20,81	85,87	150,04	19,65	39,37	41,51	70,54
2000/01	73,45	58,09	466,71	1021,54	1068,48	775,50	76,02	76,42	39,54	56,38	54,51	52,95
2001/02	99,28	45,21	33,20	77,80	40,67	87,20	68,96	47,26	57,03	36,62	52,75	68,58
2002/03	34,16	43,51	148,34	252,52	222,22	185,83	87,25	39,40	43,64	40,27	60,72	57,85
2003/04	73,54	255,15	373,38	117,46	459,81	272,03	192,05	118,26	49,67	59,75	72,81	51,05
2004/05	87,83	101,34	44,16	28,17	26,47	29,71	33,15	53,86	36,32	33,98	52,37	46,97
2005/06	36,32	62,69	39,41	29,75	26,27	92,87	36,60	32,42	46,73	47,65	92,02	41,18
2006/07	141,92	419,13	229,33	62,29	141,63	63,58	54,66	50,29	49,27	39,84	47,55	69,32
2007/08	128,89	50,57	41,45	49,41	59,89	22,84	45,22	46,07	29,28	29,14	53,33	81,21
2008/09	71,87	104,51	142,27	127,43	129,96	17,89	36,06	53,12	28,77	23,57	42,23	49,40
2009/10	29,38	19,61	229,08	812,25	1457,27	2348,81	197,65	83,44	86,31	46,79	50,34	63,59

Anexo 8 – Histórico de registos de níveis piezométricos em sistemas aquíferos

Série de registos de níveis piezométricos (m) – sistema aquífero Elvas-Campo Maior (SNIRH)

Piezómetros (SNIRH)	387/4	400/7	414/70
Altitude (m)	190	200	171,27
Jun-98			170,21
Jul-98			
Ago-98			170,09
Set-98			170,12
Out-98			169,82
Nov-98			170,08
Dez-98			
Jan-99			169,53
Fev-99	187,25	189,82	
Mar-99			169,65
Abr-99			
Mai-99			
Jun-99			169,72
Jul-99			
Ago-99			
Set-99			
Out-99			
Nov-99		190,4	
Dez-99			
Jan-00			
Fev-00			
Mar-00			
Abr-00			170,06
Mai-00			
Jun-00	186,9	189,97	170,01
Jul-00			
Ago-00			
Set-00			
Out-00			
Nov-00			
Dez-00			
Jan-01		190,99	170,51
Fev-01			
Mar-01		191,32	170,45
Abr-01			
Mai-01			
Jun-01			170,13
Jul-01	186,87		
Ago-01			
Set-01		188,41	169,65
Out-01			
Nov-01			
Dez-01		190,48	169,77
Jan-02	186,93	189,08	169,75
Fev-02			
Mar-02	187,22		169,93
Abr-02	187,7	190,11	169,87
Mai-02			
Jun-02	184,6	189,94	169,62
Jul-02	185,88	189,13	
Ago-02			
Set-02	187,27	189,47	169,38
Out-02	187,47	189,78	169,41
Nov-02	187,69		169,44
Dez-02			
Jan-03		190,49	169,9
Fev-03			

Piezómetros (SNIRH)	387/4	400/7	414/70
Altitude (m)	190	200	171,27
Mar-03			
Abr-03	187,65	190,12	169,99
Mai-03			
Jun-03	186,31	189,14	169,41
Jul-03	186,68	188,65	169,44
Ago-03			
Set-03			
Out-03			169,43
Nov-03		190,11	170,03
Dez-03			
Jan-04			
Fev-04			170,26
Mar-04			
Abr-04	187,67	190,46	170,06
Mai-04			
Jun-04	187,79	189,2	169,94
Jul-04	185,31	189,06	169,69
Ago-04			
Set-04	186,62	189,45	169,52
Out-04	186,76	189,41	169,57
Nov-04			169,7
Dez-04	187,9	189,89	169,57
Jan-05	187,8	189,71	169,8
Fev-05	186,66	189,48	169,76
Mar-05	168,22	189,38	169,48
Abr-05	187,31	189,1	169,53
Mai-05	185,81	188,82	
Jun-05			
Jul-05	185,69	188,31	169,62
Ago-05			
Set-05	186,77	182,13	169,29
Out-05	186,85	188,45	169,45
Nov-05			
Dez-05			
Jan-06	187,69	189,25	169,34
Fev-06			
Mar-06		189,47	169,44
Abr-06			
Mai-06	186,99	189,24	169,46
Jun-06	168,37	187,52	169,59
Jul-06	185,65	187,18	169,64
Ago-06			
Set-06	185,98		169,38
Out-06			
Nov-06			
Dez-06	187,63	190,84	170,02
Jan-07	188,31	189,79	169,88
Fev-07			
Mar-07	188,2	187,75	169,73
Abr-07			
Mai-07			
Jun-07	186,47	187,94	169,92
Jul-07			
Ago-07			
Set-07			
Out-07			
Nov-07			
Dez-07			
Jan-08			

Piezómetros (SNIRH)	387/4	400/7	414/70
Altitude (m)	190	200	171,27
Fev-08			
Mar-08			
Abr-08			
Mai-08			
Jun-08			
Jul-08			
Ago-08			
Set-08			
Out-08			
Nov-08			
Dez-08			
Jan-09			
Fev-09			
Mar-09			
Abr-09			
Mai-09			
Jun-09			
Jul-09			
Ago-09			
Set-09			
Out-09			
Nov-09			
Dez-09		186,6	
Jan-10			170,14
Fev-10			
Mar-10			
Abr-10			
Mai-10			
Jun-10			
Jul-10			
Ago-10			
Set-10			

Série de registos de níveis piezométricos (m) – sistema aquífero Elvas-Vila Boim (SNIRH)

Piezómetros (SNIRH)	399/12	413/54	413/78	413/123	414/45
Altitude (m)	380	436,09	371	390	278
Out-97					
Nov-97					
Dez-97		432,26		386,34	264,35
Jan-98					
Fev-98		435,51	370,4		266,38
Mar-98					
Abr-98		433,27	369,74	386,23	267,05
Mai-98					
Jun-98	378,3	431,96	369,07	385,9	265,45
Jul-98					
Ago-98	377,14	430,52	367,49	385,77	264,63
Set-98	376,77	429,59	366,68	385,75	264,61
Out-98	377,08	429,39	366,74	385,78	264,32
Nov-98	378,1	429,19	366,51	385,68	264,24
Dez-98	378,33	428,9			
Jan-99	378,36	428,78	365,8	385,22	264
Fev-99					
Mar-99	378,33	428,59	365,56	384,82	263,7
Abr-99					
Mai-99					
Jun-99	376,98	428,37	364,82	381,24	263,05
Jul-99					
Ago-99					
Set-99	376,06	428,08	363,68	381,84	262,66
Out-99					
Nov-99					
Dez-99	378,4	428,73	365,38		
Jan-00					
Fev-00					
Mar-00		427,92			
Abr-00	378,49	428,81	364,77	383,79	262,72
Mai-00					
Jun-00	377,77	429,71	366	382,87	262,6
Jul-00					
Ago-00					
Set-00					
Out-00					
Nov-00					
Dez-00					
Jan-01					
Fev-01					
Mar-01	378,66	434,86	369,97	386,53	266,32
Abr-01					
Mai-01	378,38	433,33		386	266,32
Jun-01					
Jul-01	377,18	431,45		385,39	
Ago-01					
Set-01					
Out-01					
Nov-01					
Dez-01	378,32	430,32	366,55	385,52	264,14
Jan-02	378,02	430,03	367,1	384,97	263,82
Fev-02					
Mar-02	378,51	431,84	369,07	385,49	263,89
Abr-02	378,47	432,36	369,59	385,63	263,82
Mai-02					
Jun-02	376,15	431,1		384,53	263,67

Piezómetros (SNIRH)	399/12	413/54	413/78	413/123	414/45
Altitude (m)	380	436,09	371	390	278
Jul-02					
Ago-02			366,41		
Set-02	376,57	427,69		385,05	
Out-02	378,08	429,43	366,05	384,76	263,41
Nov-02	378,44	429,87	366,46	385,28	
Dez-02		430,32			
Jan-03	378,63	434,4	369,94	386,05	264,36
Fev-03					
Mar-03					
Abr-03	378,41	434,19	369,82	386,21	263,61
Mai-03					
Jun-03	377,52	432,42	369,49	385,72	262,35
Jul-03					261,86
Ago-03					
Set-03					
Out-03	378,27	430,89	366,94	386,95	263,24
Nov-03	378,96	433,17	369,96		263,27
Dez-03					
Jan-04					
Fev-04	378,62			385,99	263,63
Mar-04		433,83			
Abr-04	378,14	433,17	369,65	386,45	263,99
Mai-04					
Jun-04	378,42	431,81	368,88	385,8	263,89
Jul-04	376,43	430,96	367,91	386,18	263,89
Ago-04					
Set-04	376,04	429,46	366,74	385,64	263,52
Out-04	378,03	429,4	366,4	385,33	263,56
Nov-04					
Dez-04	378,43	430,8	368,41	385,45	
Jan-05	378,42	430,65	368,2	385,48	263,48
Fev-05	378,39	430,35	367,69	385,44	263,52
Mar-05	378,13	430,01		385,27	263,48
Abr-05	378,37	429,81	366,6	385,24	263,44
Mai-05		429,58			
Jun-05		429,36			
Jul-05	375,05	429,26	366,04	384,31	262,88
Ago-05		428,79			
Set-05	375,53	428,67	364,01	383,98	
Out-05		428,6			
Nov-05	378,44	429,43	365,4	384,77	
Dez-05		428,18			
Jan-06	378,59	430,23	366,57	384,9	262,68
Fev-06		430,41			
Mar-06	378,6	430,78	368,38	385,01	263,36
Abr-06		431,77			
Mai-06	378,56	431,62	368,39	384,99	262,62
Jun-06	376,86	431,07	366,91	384,95	262,56
Jul-06	376,23	430,39	365,6	384,8	262,19
Ago-06		430,08			
Set-06	375,55	429,4	364,58	384,72	260,34
Out-06		430,12	365,64		
Nov-06	378,44	429,43	365,4	384,77	
Dez-06	378,69	434,98	369,88	385,95	262,89
Jan-07	378,38	433,61	369,72	386,04	263,44
Fev-07					
Mar-07	378,5	433,07	369,66	386,06	262,74
Abr-07					
Mai-07					

Piezómetros (SNIRH)	399/12	413/54	413/78	413/123	414/45
Altitude (m)	380	436,09	371	390	278
Jun-07					
Jul-07					
Ago-07					
Set-07					
Out-07					
Nov-07					
Dez-07					
Jan-08					
Fev-08					
Mar-08					
Abr-08					
Mai-08					
Jun-08					
Jul-08					
Ago-08					
Set-08					
Out-08					
Nov-08					
Dez-08					
Jan-09					
Fev-09					
Mar-09					
Abr-09					
Mai-09					
Jun-09					
Jul-09					
Ago-09					
Set-09					
Out-09					
Nov-09					
Dez-09					
Jan-10					263,43
Fev-10					
Mar-10					
Abr-10					
Mai-10					
Jun-10					
Jul-10					
Ago-10					
Set-10					

Série de registos de níveis piezométricos (m) – sistema aquífero Estremoz-Cano (SNIRH)

Piezómetros (SNIRH)	426/302	426/334	426/335	426/337	440/107	440/109
Altitude (m)	464	401,01	392,35	418	417	391
Out-97						
Nov-97						
Dez-97	455,42	396,27	384,66	413,25	385,20	365,47
Jan-98						
Fev-98	460,61				392,20	367,92
Mar-98						
Abr-98	452,73				388,07	365,21
Mai-98						
Jun-98	453,7				386,17	364,11
Jul-98						
Ago-98	451	396,66	378,15	412,71	385,30	363,06
Set-98	449,26	395,95	379	411,94	384,77	362,55
Out-98	449,23	395,53	379,35	411,95	384,49	362,17
Nov-98	448,68	394,8	379,14	411,46	384,28	361,75
Dez-98						
Jan-99	448,3	393,52	378,71	410,87	383,92	361,29
Fev-99						
Mar-99	447,76	392,63	378,82	410,64	383,73	361,10
Abr-99					383,55	-
Mai-99						
Jun-99	447,33		374,6	410,28	-	359,14
Jul-99						
Ago-99						
Set-99	446,09	382,69	365,82	409,91		
Out-99						
Nov-99						
Dez-99			379,62	411,16		
Jan-00						
Fev-00						
Mar-00						
Abr-00	449,15		379,25	410,77		
Mai-00						
Jun-00	452,36		379,25	411,62		
Jul-00						
Ago-00						
Set-00						
Out-00						
Nov-00						
Dez-00						
Jan-01	459,54		386,8	415,75		
Fev-01						
Mar-01	457,08		386,69	417,21		
Abr-01						
Mai-01	452,8	396,84	384,26	415,83		
Jun-01	450,4	395,85	381,74	414,28		
Jul-01	444,98	395,12	378,69	413,48		
Ago-01						
Set-01	448,83	394,2	376,5	412,58		
Out-01	448,98	393,49	379,64	411,54		
Nov-01						
Dez-01	448,28	393,5	379,45	410,62		
Jan-02	447,92	393,5	378,4	408,08	382,90	352,93
Fev-02						
Mar-02	448,37	393,5	379,47	410,52	384,54	353,19
Abr-02	451,59	393,89	381,94	411,18	385,05	356,23
Mai-02						
Jun-02	449,21	393,04	376,59	410,94	385,14	354,62

Piezómetros (SNIRH)	426/302	426/334	426/335	426/337	440/107	440/109
Altitude (m)	464	401,01	392,35	418	417	391
Jul-02						
Ago-02	447,95	391,21		406,88		
Set-02	447,46	390,58	369,44	411,6	384,31	353,06
Out-02	447,57	389,83	374,09	411,32	384,16	352,47
Nov-02	448,4	388,72	377,83	411,02	383,89	352,62
Dez-02						
Jan-03	458,06	393,66	384,14	413,67	384,01	360,68
Fev-03						
Mar-03						
Abr-03	454,16	395,9	383,81	412,69	387,40	361,37
Mai-03						
Jun-03	451,6	395,23	379,11	410,09	386,03	358,70
Jul-03	450,1	394,79	378,01	412,38	385,61	357,46
Ago-03						
Set-03	447,86	392,76	376,62	410,85	384,82	-
Out-03						
Nov-03	450,76	393,89	380,98	412,57	384,99	-
Dez-03						
Jan-04	453,67	395,82	382,94	411,37	387,42	361,20
Fev-04						
Mar-04						
Abr-04	453,11	396,01	382,69	412,59	391,48	360,59
Mai-04	452,15	395,53	382	412,57	387,72	359,30
Jun-04	450,21	394,92	378,68	412,13	386,12	358,01
Jul-04	448,75	394,49	373,04	411,39	385,34	356,82
Ago-04						
Set-04	447,21		374,5	410,5	384,72	356,09
Out-04	445,82		377,09	410,71	384,59	352,04
Nov-04						
Dez-04	448,68	391,73	379,61	410,76	384,74	351,83
Jan-05	448,17	391,13	379,38	410,44	384,29	350,99
Fev-05	447,68	390,4	379,27	410,25	384,01	349,99
Mar-05	447,23	389,39	378,96	410,2	384,01	349,99
Abr-05	446,51	389,02	377,85	410,68	383,63	349,09
Mai-05						
Jun-05	446,01	388,27	370,84		374,24	347,52
Jul-05	445,37	386,95	363,57	409,91	381,05	346,78
Ago-05						
Set-05	444,58	383,86	361,23	409,68	382,79	342,71
Out-05						
Nov-05	447,74	390,25	368,2	409,79	382,78	344,73
Dez-05						
Jan-06	448,87	390,09	376,94	411,03	383,02	347,74
Fev-06						
Mar-06	450,23	391,89	379,18	411,48	384,01	349,02
Abr-06						
Mai-06	451,99	392,6	379,76	411,28	385,25	350,99
Jun-06	449,82	391,63	377,83	410,57	384,83	350,21
Jul-06	448,81	390,52	371,71	410,29	384,64	348,81
Ago-06						
Set-06	447,61	387,84	366,9	409,88	383,04	338,92
Out-06	448,57	389,26	373,04	410,88	383,96	345,83
Nov-06	447,74	390,25	368,2	409,79	382,78	344,73
Dez-06	454,74	392,28	381,92	413,44	385,28	355,22
Jan-07	453,38	394,16	382,55	412,46	386,58	347,29
Fev-07						
Mar-07	453,38	393,91	381,68	411,91	387,70	358,77
Abr-07						
Mai-07						

Piezómetros (SNIRH)	426/302	426/334	426/335	426/337	440/107	440/109
Altitude (m)	**464**	**401,01**	**392,35**	**418**	**417**	**391**
Jun-07	450,48	394,45	380,58	410,96	385,47	355,31
Jul-07						
Ago-07						
Set-07						
Out-07						
Nov-07						
Dez-07						
Jan-08						
Fev-08						
Mar-08						
Abr-08						
Mai-08						
Jun-08						
Jul-08						
Ago-08						
Set-08						
Out-08						
Nov-08						
Dez-08						
Jan-09						
Fev-09						
Mar-09						
Abr-09						
Mai-09						
Jun-09						
Jul-09						
Ago-09						
Set-09						
Out-09						
Nov-09						
Dez-09	447,4	392,57	375,5	410,41	383,26	-
Jan-10	456,59		384,55	413,21	387,85	-
Fev-10						
Mar-10						
Abr-10						
Mai-10						
Jun-10						
Jul-10						
Ago-10						
Set-10						

Anexo 9 – Séries de evapotranspiração de referência ETo, por UAG

Séries de evapotranspiração de referência mensal – ETo (mm), UAG 1

Ano Hid	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
1960/61	59,89	35,09	29,62	32,08	53,10	91,58	102,71	152,09	171,75	200,00	188,48	123,17	**1240**
1961/62	69,44	38,63	30,49	34,48	48,23	60,39	100,72	150,06	176,91	202,64	189,03	132,08	**1233**
1962/63	71,36	37,11	30,88	28,92	35,89	65,86	97,57	147,39	166,52	201,25	176,85	115,49	**1175**
1963/64	88,13	34,55	18,09	34,46	42,86	62,01	104,99	171,76	170,37	197,61	178,72	125,56	**1229**
1964/65	73,99	42,18	29,67	32,28	40,74	71,14	110,38	163,95	192,84	190,37	184,12	112,49	**1244**
1965/66	62,69	35,87	27,06	30,70	40,81	78,32	93,48	154,94	166,40	201,14	181,87	131,04	**1204**
1966/67	59,39	37,02	31,65	34,23	44,05	78,35	101,32	128,36	166,71	214,24	182,00	121,52	**1199**
1967/68	78,77	36,54	29,99	40,08	39,44	70,69	93,83	140,95	192,58	202,24	177,37	114,93	**1217**
1968/69	86,24	38,21	27,17	32,80	37,16	63,91	102,67	125,39	160,04	217,74	189,04	104,82	**1185**
1969/70	66,02	40,05	31,33	28,94	44,23	71,47	109,52	142,05	150,33	199,29	170,07	134,19	**1187**
1970/71	82,71	48,61	29,05	30,87	49,73	67,38	83,67	113,23	141,97	182,64	161,97	126,05	**1118**
1971/72	130,03	43,52	32,91	31,94	39,97	64,66	104,48	141,28	165,64	184,24	167,75	100,28	**1207**
1972/73	58,37	32,36	26,66	32,35	42,98	69,55	109,98	131,76	167,82	180,54	178,12	112,31	**1143**
1973/74	65,03	43,40	31,95	32,13	42,19	68,86	88,11	143,71	161,02	206,47	181,92	123,07	**1188**
1974/75	75,93	44,01	35,39	34,84	41,52	65,64	104,84	125,11	165,75	206,56	180,20	113,17	**1193**
1975/76	78,70	44,47	29,08	39,51	45,28	79,22	86,30	143,54	189,48	195,82	168,00	113,25	**1213**
1976/77	62,32	39,14	28,05	29,05	38,51	75,20	110,38	135,26	156,01	175,06	159,94	129,16	**1138**
1977/78	70,52	40,58	29,92	31,22	41,13	77,30	87,47	120,52	135,37	189,07	174,80	133,85	**1132**
1978/79	75,57	42,12	28,48	30,62	38,61	64,67	96,06	145,05	179,48	188,95	178,38	124,93	**1193**
1979/80	59,62	44,99	31,60	33,83	43,85	68,64	102,05	128,43	173,94	196,01	182,01	134,18	**1199**
1980/81	73,39	38,78	33,91	43,08	48,49	76,72	88,32	133,23	191,81	200,02	175,85	117,12	**1221**
1981/82	76,50	49,51	30,01	33,25	42,96	78,72	104,46	151,81	172,64	191,50	177,96	115,64	**1225**
1982/83	71,37	38,31	28,77	36,95	40,10	79,99	93,12	126,77	176,48	179,40	161,38	133,95	**1167**
1983/84	83,01	35,56	31,26	31,08	45,03	65,28	102,48	110,63	154,06	201,52	173,90	127,66	**1161**
1984/85	75,66	35,82	29,35	32,01	41,03	72,55	98,04	122,49	169,77	200,85	183,13	138,77	**1199**
1985/86	88,12	39,93	30,51	32,44	37,27	74,31	83,98	154,64	184,15	210,91	172,74	109,90	**1219**
1986/87	73,30	42,92	31,68	32,52	42,38	80,26	98,67	152,13	184,10	191,57	174,79	132,94	**1237**
1987/88	59,96	39,85	28,15	30,94	43,79	86,23	97,02	125,71	137,27	181,77	181,94	134,79	**1147**
1988/89	74,81	37,06	33,68	37,07	46,03	84,39	88,84	145,06	179,74	210,87	172,98	117,92	**1228**
1989/90	75,55	36,88	25,26	32,54	47,52	79,53	94,63	149,38	174,26	210,61	185,40	124,44	**1236**
1990/91	66,59	41,28	27,10	33,11	40,67	71,35	102,30	158,73	191,43	204,35	184,77	125,83	**1248**
1991/92	68,16	40,26	29,76	33,24	47,35	86,52	114,22	155,75	144,27	206,88	174,91	127,42	**1229**
1992/93	64,02	42,53	28,08	36,49	43,92	76,57	97,05	124,33	160,10	199,96	173,86	103,22	**1150**
1993/94	62,78	36,73	29,50	33,84	41,58	89,13	109,41	132,49	181,68	209,09	183,80	118,35	**1228**
1994/95	70,35	42,68	31,96	35,33	44,99	84,53	122,45	157,79	176,80	200,76	183,94	111,90	**1263**
1995/96	86,87	39,79	27,24	28,42	41,77	70,41	104,82	128,01	186,75	200,12	166,76	108,02	**1189**
1996/97	77,16	42,22	28,87	32,46	49,89	101,85	119,74	133,36	148,40	185,08	173,93	123,52	**1216**
1997/98	75,80	36,46	29,07	32,45	45,47	90,98	90,74	133,32	174,99	208,64	188,06	117,47	**1223**
1998/99	75,08	43,18	32,73	33,72	49,45	81,11	109,17	137,66	181,08	203,96	174,74	113,08	**1235**
1999/00	67,19	40,83	29,71	34,02	54,00	84,69	85,43	132,06	182,01	190,91	178,84	128,76	**1208**
2000/01	74,49	36,93	28,31	32,35	45,51	70,23	106,87	136,21	186,79	187,92	172,52	121,48	**1200**
2001/02	66,27	40,83	31,64	35,27	48,95	79,23	105,19	139,72	185,31	199,51	174,93	105,12	**1212**
2002/03	68,03	39,23	29,57	34,66	40,85	74,78	92,81	156,07	185,62	190,42	185,87	126,96	**1225**
2003/04	63,90	35,96	29,03	33,95	45,23	71,17	103,36	127,45	191,87	204,08	167,89	127,13	**1201**
2004/05	72,50	41,90	31,28	38,86	45,42	75,11	110,10	153,15	191,52	202,65	181,38	125,05	**1269**
2005/06	72,84	37,17	30,08	33,33	43,77	69,94	103,08	160,94	176,93	204,94	179,65	127,49	**1240**
2006/07	70,34	38,14	30,41	33,29	41,54	76,77	99,86	134,91	153,55	192,52	165,75	121,83	**1159**
2007/08	72,33	48,35	31,82	36,74	49,84	77,99	103,34	117,34	171,52	189,35	173,16	113,93	**1186**
2008/09	75,45	42,85	29,39	29,57	46,60	84,29	77,03	140,93	172,70	195,02	184,08	122,54	**1200**

Séries de evapotranspiração de referência mensal – ETo (mm), UAG 2

Ano Hid	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
1960/61	62,22	36,17	29,86	32,52	53,49	92,16	102,46	154,16	170,51	198,67	191,77	124,06	**1248**
1961/62	72,61	40,44	31,73	35,04	46,99	64,30	100,95	145,44	176,86	198,70	187,42	131,22	**1232**
1962/63	75,32	39,26	31,99	31,24	38,36	68,85	99,79	146,11	162,96	198,78	173,62	117,58	**1184**
1963/64	90,57	36,74	23,72	36,51	44,09	63,59	106,27	170,16	171,22	196,98	179,53	127,72	**1247**
1964/65	76,82	43,65	31,16	33,54	41,58	72,21	112,93	166,40	186,47	186,11	181,83	112,42	**1245**
1965/66	62,45	36,42	28,62	32,06	41,49	81,12	94,37	155,36	164,59	197,95	178,95	132,65	**1206**
1966/67	62,01	38,42	32,91	35,36	45,14	80,77	102,67	129,65	168,36	207,96	177,89	120,58	**1202**
1967/68	79,24	37,39	30,92	40,88	40,79	70,19	93,26	142,05	186,88	197,67	173,14	115,89	**1208**
1968/69	87,88	39,28	28,20	33,80	37,47	63,70	99,72	124,94	157,48	214,95	184,88	104,15	**1176**
1969/70	68,17	40,88	31,01	30,42	45,33	72,03	110,83	144,78	150,53	198,93	170,17	135,68	**1199**
1970/71	84,43	50,88	30,76	31,90	50,95	69,70	86,06	113,04	146,29	185,07	163,40	128,73	**1141**
1971/72	128,32	45,69	35,15	33,62	41,58	66,48	105,98	141,53	163,50	183,03	167,57	103,45	**1216**
1972/73	61,83	36,16	29,00	34,40	44,24	72,07	111,69	134,10	170,06	182,89	183,67	116,34	**1176**
1973/74	71,18	45,59	33,35	34,53	43,59	69,63	87,50	144,94	162,05	209,64	182,97	123,04	**1208**
1974/75	76,66	45,56	37,81	36,89	42,89	66,32	103,58	125,08	164,84	205,08	180,81	114,14	**1200**
1975/76	81,52	46,32	30,38	41,18	46,84	81,07	87,74	143,79	193,92	196,66	170,19	113,48	**1233**
1976/77	64,45	40,59	29,26	30,50	40,08	76,95	111,47	137,03	156,37	175,07	161,52	133,53	**1157**
1977/78	72,58	42,58	32,04	32,16	42,66	78,19	88,46	122,04	137,87	198,36	180,07	138,97	**1166**
1978/79	79,40	44,45	30,13	32,47	39,36	65,24	96,95	145,26	181,70	189,65	179,67	126,58	**1211**
1979/80	61,87	46,99	33,43	36,26	46,38	71,62	105,05	130,07	175,70	198,34	183,36	137,60	**1227**
1980/81	76,18	40,99	34,97	44,11	49,45	79,73	90,80	134,61	192,04	202,81	179,22	120,78	**1246**
1981/82	79,96	53,33	32,75	36,76	45,71	82,00	105,28	152,31	178,34	189,80	179,18	119,44	**1255**
1982/83	74,63	43,31	30,79	39,30	42,58	85,01	97,61	131,94	179,82	179,46	165,97	135,62	**1206**
1983/84	85,33	39,24	33,57	34,85	47,14	70,43	103,22	112,16	160,57	198,89	176,37	129,33	**1191**
1984/85	79,54	39,08	32,38	34,53	44,02	74,58	102,16	123,17	170,48	200,31	185,20	139,86	**1225**
1985/86	91,09	42,87	33,09	34,48	40,74	76,36	89,91	153,09	181,21	211,29	175,80	117,97	**1248**
1986/87	79,58	44,58	32,86	34,97	43,42	80,03	99,07	149,77	180,71	194,77	173,82	128,10	**1242**
1987/88	67,70	42,89	31,51	33,62	46,60	88,51	100,59	132,03	146,67	186,84	181,42	138,19	**1197**
1988/89	75,68	40,81	35,27	38,05	47,58	86,34	91,41	143,05	173,67	210,33	175,32	124,24	**1242**
1989/90	79,68	39,27	29,32	35,58	50,22	83,12	95,37	149,51	175,92	210,92	184,91	125,75	**1260**
1990/91	70,38	42,30	28,61	35,30	43,37	74,66	103,05	156,90	187,96	206,00	186,56	128,98	**1264**
1991/92	71,53	43,31	31,39	36,54	47,91	86,40	112,87	151,73	147,53	208,39	181,41	128,70	**1248**
1992/93	67,00	45,41	31,05	38,92	48,47	81,06	99,81	128,61	157,76	205,71	176,57	109,39	**1190**
1993/94	64,09	40,50	31,19	36,62	44,75	90,44	107,97	131,78	181,18	209,77	182,58	117,68	**1239**
1994/95	71,64	44,29	33,43	36,96	46,87	88,41	121,60	155,22	178,24	203,58	184,47	115,19	**1280**
1995/96	86,27	43,37	30,12	31,99	44,54	76,90	111,77	136,49	185,69	201,47	170,94	110,49	**1230**
1996/97	82,12	44,33	30,26	33,78	50,71	100,24	119,83	134,97	156,79	180,21	170,05	123,46	**1227**
1997/98	79,88	40,42	31,02	35,31	49,70	97,18	99,17	135,52	169,83	202,09	183,87	120,34	**1244**
1998/99	76,90	43,71	33,97	36,15	50,14	85,38	109,93	139,73	179,28	204,04	173,41	110,73	**1243**
1999/00	71,09	43,47	32,32	37,03	56,41	87,13	88,66	135,51	182,51	185,64	176,16	124,51	**1220**
2000/01	78,35	38,62	30,73	33,54	47,58	72,26	110,32	138,85	186,92	191,83	175,63	124,36	**1229**
2001/02	71,76	42,81	32,40	37,85	51,29	81,52	108,01	139,60	186,14	202,39	177,21	109,51	**1240**
2002/03	72,45	41,57	32,16	36,22	42,72	78,33	97,53	161,59	191,37	201,20	192,91	131,03	**1279**
2003/04	68,01	38,94	31,66	35,95	47,71	75,06	109,02	134,46	201,70	210,26	172,55	132,01	**1257**
2004/05	78,34	45,26	33,20	39,46	47,24	76,63	113,87	155,60	194,66	204,25	183,90	128,42	**1301**
2005/06	77,10	40,02	31,96	34,62	45,16	72,40	106,58	162,56	177,76	206,98	184,16	130,52	**1270**
2006/07	71,72	39,91	31,95	34,94	42,29	77,39	100,05	136,39	154,24	194,29	166,28	121,88	**1171**
2007/08	73,98	49,83	32,22	37,30	50,27	78,84	104,12	125,30	175,44	188,06	171,63	113,45	**1200**
2008/09	76,87	43,25	30,38	31,25	46,96	90,69	92,77	149,70	179,65	199,01	188,61	125,77	**1255**

Séries de evapotranspiração de referência mensal – ETo (mm), UAG 3

Ano Hid.	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
1960/61	64,56	37,26	30,10	32,97	53,88	92,74	102,20	156,23	169,28	197,34	195,07	124,95	**1257**
1961/62	75,79	42,25	32,96	35,61	45,75	68,21	101,18	140,82	176,81	194,77	185,81	130,36	**1230**
1962/63	79,29	41,41	33,10	33,56	40,83	71,85	102,01	144,82	159,40	196,32	170,40	119,67	**1193**
1963/64	93,01	38,94	29,35	38,56	45,33	65,18	107,55	168,56	172,07	196,34	180,35	129,89	**1265**
1964/65	79,64	45,11	32,65	34,81	42,42	73,27	115,48	168,84	180,09	181,84	179,55	112,35	**1246**
1965/66	62,22	36,97	30,18	33,43	42,17	83,92	95,26	155,78	162,77	194,76	176,03	134,25	**1208**
1966/67	64,63	39,83	34,16	36,49	46,23	83,20	104,03	130,94	170,01	201,68	173,78	119,64	**1205**
1967/68	79,72	38,24	31,85	41,69	42,14	69,70	92,70	143,16	181,17	193,10	168,92	116,86	**1199**
1968/69	89,53	40,35	29,23	34,80	37,78	63,49	96,77	124,49	154,92	212,16	180,72	103,47	**1168**
1969/70	70,33	41,71	30,69	31,91	46,43	72,59	112,14	147,50	150,73	198,58	170,27	137,16	**1210**
1970/71	86,15	53,15	32,48	32,93	52,16	72,02	88,45	112,84	150,61	187,49	164,82	131,41	**1165**
1971/72	126,62	47,85	37,39	35,30	43,19	68,31	107,48	141,78	161,37	181,82	167,40	106,62	**1225**
1972/73	65,28	39,97	31,34	36,44	45,49	74,58	113,40	136,43	172,31	185,24	189,22	120,36	**1210**
1973/74	77,32	47,78	34,75	36,93	44,99	70,41	86,88	146,16	163,09	212,81	184,02	123,01	**1228**
1974/75	77,38	47,11	40,24	38,94	44,27	66,99	102,33	125,04	163,93	203,61	181,43	115,12	**1206**
1975/76	84,34	48,17	31,69	42,85	48,41	82,91	89,17	144,03	198,37	197,50	172,37	113,71	**1254**
1976/77	66,59	42,03	30,48	31,94	41,66	78,70	112,55	138,81	156,72	175,08	163,11	137,91	**1176**
1977/78	74,64	44,58	34,16	33,10	44,19	79,07	89,45	123,55	140,37	207,66	185,34	144,09	**1200**
1978/79	83,23	46,79	31,78	34,31	40,10	65,82	97,84	145,48	183,92	190,34	180,97	128,23	**1229**
1979/80	64,12	48,99	35,26	38,68	48,92	74,61	108,05	131,70	177,46	200,67	184,71	141,03	**1254**
1980/81	78,98	43,21	36,03	45,14	50,41	82,73	93,28	135,98	192,28	205,61	182,58	124,44	**1271**
1981/82	83,43	57,15	35,49	40,28	48,47	85,29	106,10	152,81	184,04	188,09	180,40	123,24	**1285**
1982/83	77,89	48,31	32,81	41,65	45,06	90,02	102,10	137,11	183,16	179,52	170,57	137,29	**1245**
1983/84	87,65	42,91	35,87	38,62	49,25	75,57	103,96	113,68	167,07	196,25	178,85	131,00	**1221**
1984/85	83,43	42,34	35,41	37,05	47,01	76,61	106,28	123,86	171,19	199,76	187,27	140,95	**1251**
1985/86	94,06	45,80	35,67	36,53	44,21	78,42	95,84	151,54	178,26	211,67	178,86	126,03	**1277**
1986/87	85,85	46,23	34,04	37,43	44,46	79,80	99,47	147,40	177,32	197,98	172,84	123,26	**1246**
1987/88	75,45	45,94	34,86	36,30	49,41	90,79	104,16	138,36	156,07	191,91	180,91	141,58	**1246**
1988/89	76,56	44,55	36,87	39,03	49,14	88,28	93,97	141,04	167,60	209,79	177,66	130,55	**1255**
1989/90	83,81	41,66	33,38	38,61	52,92	86,70	96,11	149,64	177,57	211,24	184,41	127,06	**1283**
1990/91	74,16	43,31	30,13	37,49	46,06	77,98	103,80	155,08	184,49	207,66	188,36	132,13	**1281**
1991/92	74,89	46,36	33,01	39,85	48,47	86,29	111,53	147,72	150,78	209,91	187,91	129,98	**1267**
1992/93	69,97	48,30	34,03	41,35	53,01	85,56	102,57	132,89	155,42	211,45	179,28	115,55	**1229**
1993/94	65,39	44,26	32,87	39,39	47,91	91,75	106,52	131,08	180,69	210,45	181,35	117,01	**1249**
1994/95	72,93	45,90	34,89	38,58	48,75	92,28	120,75	152,65	179,67	206,40	184,99	118,47	**1296**
1995/96	85,67	46,95	33,00	35,55	47,32	83,38	118,72	144,97	184,63	202,81	175,12	112,97	**1271**
1996/97	87,08	46,44	31,65	35,10	51,53	98,63	119,93	136,57	165,17	175,34	166,17	123,39	**1237**
1997/98	83,97	44,37	32,96	38,16	53,94	103,38	107,60	137,71	164,67	195,55	179,68	123,21	**1265**
1998/99	78,72	44,24	35,20	38,57	50,83	89,65	110,69	141,80	177,48	204,13	172,08	108,39	**1252**
1999/00	74,99	46,12	34,92	40,04	58,82	89,58	91,90	138,96	183,02	180,38	173,48	120,27	**1232**
2000/01	82,21	40,30	33,14	34,74	49,65	74,28	113,78	141,48	187,06	195,75	178,73	127,24	**1258**
2001/02	77,25	44,79	33,17	40,42	53,63	83,80	110,83	139,48	186,96	205,28	179,49	113,90	**1269**
2002/03	76,86	43,90	34,74	37,78	44,58	81,87	102,25	167,11	197,12	211,97	199,95	135,10	**1333**
2003/04	72,12	41,91	34,29	37,96	50,19	78,95	114,68	141,46	211,53	216,45	177,20	136,90	**1314**
2004/05	84,17	48,62	35,12	40,05	49,05	78,15	117,65	158,05	197,80	205,84	186,43	131,79	**1333**
2005/06	81,36	42,87	33,85	35,92	46,55	74,85	110,09	164,19	178,58	209,02	188,67	133,55	**1300**
2006/07	73,11	41,67	33,49	36,60	43,03	78,01	100,25	137,86	154,94	196,07	166,80	121,94	**1184**
2007/08	75,63	51,31	32,62	37,86	50,70	79,69	104,90	133,26	179,37	186,76	170,10	112,97	**1215**
2008/09	78,28	43,66	31,36	32,94	47,33	97,08	108,52	158,46	186,61	203,01	193,15	129,00	**1309**

Anexo 10 – Análise de sistemas de abastecimento urbano (dados INSAAR)

Portalegre (UAG 1) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	Pop. servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
Alb. Apartad. (Tejo)	16249	S.I. (Apart., MAI)	BARRAGEM da APARTADURA	ES	1293105	-	INAG	ES	2039345	Ent.	INAG	ES	2304815	Ent.	INAG	ES	2480231	Ent.	INAG	ES	2644140	Est.	INAG
Total origem (m3/ ano)					**1.293.105**				**2.039.345**				**2.304.815**				**2.480.231**				**2.644.140**		
MAI	-	S.I. (Apart., MAI)	MONTE SETE (MINA)	ES	23836,8	-	SMAT Port.	ES	129876	Ent.	SMAT Port.	ES	175200	Ent.	SMAT Port.	ES	1800	Ent.	AdNA	ES	1800	Ent.	AdNA
			MONTE SETE (FURO)	ES	23836,8	-	SMAT Port.	ES	129876	Ent.	SMAT Port.	-	-	-	-	FS	0	-	AdNA	-	-	-	-
			MATA DO ESTADO (FURO HORIZONTAL 1)	ES	12448	-	SMAT Port.	ES	12448	Ent.	SMAT Port.	ES	4796	Ent.	SMAT Port.	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			MATA DO ESTADO (MINA 1)	ES	12448	-	SMAT Port.	ES	12448	Ent.	SMAT Port.	ES	9593	Ent.	SMAT Port.	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			MATA DO ESTADO (MINA 2)	ES	12448	-	SMAT Port.	ES	12448	Ent.	SMAT Port.	ES	1599	Ent.	SMAT Port.	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			MATA do ESTAdo (FURO HORIZONTAL 3)	ES	12448	-	SMAT Port.	ES	12448	Ent.	SMAT Port.	ES	1599	Ent.	SMAT Port.	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			MATA do ESTAdo (FURO HORIZONTAL 2)	ES	12448	-	SMAT Port.	ES	12448	Ent.	SMAT Port.	ES	9593	Ent.	SMAT Port.	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			QUINTA de CAMPOS (MINA)	ES	12448	-	SMAT Port.	ES	12448	Ent.	SMAT Port.	ES	47965	Ent.	SMAT Port.	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			REGUENGO (FURO HORIZONTAL 3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			REGUENGO (FURO HORIZONTAL 2)	ES	12448	-	SMAT Port.	ES	12448	Ent.	SMAT Port.	ES	11192	Ent.	SMAT Port.	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			REGUENGO (FURO HORIZONTAL 1)	ES	12448	-	SMAT Port.	ES	12448	Ent.	SMAT Port.	ES	11192	Ent.	SMAT Port.	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			São Mamede (Mina)	ES	12448	-	SMAT Port.	ES	12448	Ent.	SMAT Port.	ES	7995	Ent.	SMAT Port.	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			São Mamede (FURO HORIZONTAL 1)	ES	12448	-	SMAT Port.	ES	12448	Ent.	SMAT Port.	ES	6396	Ent.	SMAT Port.	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			São Mamede (FURO HORIZONTAL 3)	ES	12448	-	SMAT Port.	ES	12448,92	Est.	SMAT Port.	ES	23983	Ent.	SMAT Port.	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			São Mamede (FURO HORIZONTAL 2)	ES	12448	-	SMAT Port.	ES	12448	Ent.	SMAT Port.	ES	23983	Ent.	SMAT Port.	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			Sub total sistema (m3/ ano)		*197049,6*				*409128,92*				*335086*				*1800*				*1800*		

Portalegre (UAG 1) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	Pop. servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
		S.A. (MAI)	MONTINHO (FURO)	ES	9608,4	-	SMAT Port.	ES	4605	Ent.	SMAT Port.	ES	4667	Ent.	SMAT Port.	ES	14760	Ent.	AdNA	ES	13327	Ent.	AdNA
			IGREJA (MINA) (ou São Julião (Mina))	ES	3751,2	-	SMAT Port.	ES	2088	Ent.	SMAT Port.	ES	2148	Ent.	SMAT Port.	ES	7920	Ent.	AdNA	ES	6613	Ent.	AdNA
			RABAÇA (NASCENTE)	ES	1293,6	-	SMAT Port.	ES	2451	Ent.	SMAT Port.	ES	2521	Ent.	SMAT Port.	ES	8640	Ent.	AdNA	ES	8341	Ent.	AdNA
			BESTEIROS (FURO)	ES	13788	-	SMAT Port.	ES	9214	Ent.	SMAT Port.	ES	8167	Ent.	SMAT Port.	ES	4680	Ent.	AdNA	ES	9165	Ent.	AdNA
			MONTARECOS 2	ES	13788	-	SMAT Port.	ES	93124	Ent.	SMAT Port.	ES	83250	Ent.	SMAT Port.	ES	143280	Ent.	AdNA	ES	126662	Ent.	AdNA
			MONTARECOS 1	-	-	-	-	FR	71745	Ent.	SMAT Port.	-	-	-	-	FS	0	-	AdNA	-	-	-	-
			MÁ-HORA (MINA)	ES	13788	-	SMAT Port.	FR	13788	Est.	SMAT Port.	-	-	-	-	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			QUINTAS (FURO 1)	ES	13788	-	SMAT Port.	FR	13788	Est.	SMAT Port.	-	-	-	-	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			QUINTAS (FURO 2)	ES	13788	-	SMAT Port.	FR	13788	Est.	SMAT Port.	-	-	-	-	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			QUINTAS (MINA)	ES	13788	-	SMAT Port.	FR	13788	Est.	SMAT Port.	-	-	-	-	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			QUINTAS (FURO 3)	ES	13788	-	SMAT Port.	FR	13788	Est.	SMAT Port.	-	-	-	-	FS	0	-	SMAT Port.	-	-	-	-
			Sub total sistema (m3/ ano)		*111169,2*				*252167*				*100753*				*179280*				*164108*		
Total origem (m3/ ano)					**308.219**				**661.296**				**435.839**				**181.080**				**165.908**		

Arronches (UAG 1) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
MAI	-	S.A. (MAI)	HORTAS DE BAIXO (FURO)	ES	7822,8	-	C.M. Arronches	-	7822,8	Est.	C.M. Arronches	ES	7822,8	Est.	C.M. Arronches	ES	5436	Ent.	C.M. Arronches	ES	5500	Ent.	C.M. Arronches
			VALE FILIPE 3 (FURO)	ES	9844,8	-	C.M. Arronches	-	9844,8	Est.	C.M. Arronches	ES	9844,8	Est.	C.M. Arronches	ES	2940	Ent.	C.M. Arronches	ES	2077	Ent.	C.M. Arronches
			VALE FILIPE 2 (FURO)	ES	9844,8	-	C.M. Arronches	-	9844,8	Est.	C.M. Arronches	ES	9844,8	Est.	C.M. Arronches	ES	9276	Ent.	C.M. Arronches	ES	6541	Ent.	C.M. Arronches
			VALE FILIPE 1 (FURO)	ES	9844,8	-	C.M. Arronches	-	9844,8	Est.	C.M. Arronches	ES	9844,8	Est.	C.M. Arronches	ES	9276	Ent.	C.M. Arronches	ES	6541	Ent.	C.M. Arronches
			HORTAS DE CIMA (FURO)	ES	9844,8	-	C.M. Arronches	-	9844,8	Est.	C.M. Arronches	ES	9844,8	Est.	C.M. Arronches	ES	9276	Ent.	C.M. Arronches	ES	6541	Ent.	C.M. Arronches
			NAVE FRIA 2 (FURO)	ES	7486,8	-	C.M. Arronches	-	7486,8	Est.	C.M. Arronches	ES	7486,8	Est.	C.M. Arronches	ES	5064	Ent.	C.M. Arronches	ES	5059	Ent.	C.M. Arronches
			NAVE FRIA 1 (FURO)	ES	24532,8	-	C.M. Arronches	-	24532,8	Est.	C.M. Arronches	ES	24532,8	Est.	C.M. Arronches	ES	10980	Ent.	C.M. Arronches	ES	21980	Ent.	C.M. Arronches
			MONTE DAS DATAS (FURO)	ES	24532,8	-	C.M. Arronches	-	24532,8	Est.	C.M. Arronches	ES	24532,8	Est.	C.M. Arronches	ES	10980	Ent.	C.M. Arronches	ES	21980	Ent.	C.M. Arronches
			MARCO 2 (FURO)	ES	4819,2	-	C.M. Arronches	-	4819,2	Est.	C.M. Arronches	ES	4819,2	Est.	C.M. Arronches	ES	2508	Ent.	C.M. Arronches	ES	1255	Ent.	C.M. Arronches
			VALE PALHEIROS (MINA)	ES	24532,8	-	C.M. Arronches	-	24532,8	Est.	C.M. Arronches	ES	24532,8	Est.	C.M. Arronches	ES	10980	Ent.	C.M. Arronches	ES	21980	Ent.	C.M. Arronches
			MARCO 1 (FURO)	FR	-	-	C.M. Arronches	-	1617,406706	Est.	C.M. Arronches	-	-	-	-	ES	2508	Ent.	C.M. Arronches	ES	1255	Ent.	C.M. Arronches
			ALDEIA VELHA 1 (FURO)	ES	24532,8	-	C.M. Arronches	-	24532,8	Est.	C.M. Arronches	ES	24532,8	Est.	C.M. Arronches	ES	10980	Ent.	C.M. Arronches	ES	21980	Ent.	C.M. Arronches
			PERNA CHÃ (FURO)	ES	1826,4	-	C.M. Arronches	-	1826,4	Est.	C.M. Arronches	ES	1826,4	Est.	C.M. Arronches	ES	10980	Ent.	C.M. Arronches	ES	1293	Ent.	C.M. Arronches
			ALDEIA VELHA (MINA)	ES	24532,8	-	C.M. Arronches	-	24532,8	Est.	C.M. Arronches	ES	24532,8	Est.	C.M. Arronches	ES	10980	Ent.	C.M. Arronches	ES	21980	Ent.	C.M. Arronches
			ALDEIA VELHA 2 (FURO)	ES	1826,4	-	C.M. Arronches	-	1826,4	Est.	C.M. Arronches	ES	1826,4	Est.	C.M. Arronches	ES	10980	Ent.	C.M. Arronches	ES	1293	Ent.	C.M. Arronches
			VALE DE COELHOS (FURO)	ES	1826,4	-	C.M. Arronches	-	1826,4	Est.	C.M. Arronches	ES	1826,4	Est.	C.M. Arronches	ES	2940	Ent.	C.M. Arronches	ES	357	Ent.	C.M. Arronches

Arronches (UAG 1) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
			TELHADA 2 (FURO)	ES	6507,6	-	C.M. Arronches	-	6507,6	Est.	C.M. Arronches	ES	6507,6	Est.	C.M. Arronches	ES	4392	Ent.	C.M. Arronches	ES	2833	Ent.	C.M. Arronches
			TELHADA 1 (FURO)	ES	6507,6	-	C.M. Arronches	-	6507,6	Est.	C.M. Arronches	ES	6507,6	Est.	C.M. Arronches	ES	4380	Ent.	C.M. Arronches	ES	2833	Ent.	C.M. Arronches
			TELHADA (MINA)	ES	6507,6	-	C.M. Arronches	-	6507,6	Est.	C.M. Arronches	ES	6507,6	Est.	C.M. Arronches	ES	4392	Ent.	C.M. Arronches	ES	2855	Ent.	C.M. Arronches
			FEITEIRONA (MINA)	ES	744	-	C.M. Arronches	-	744	Est.	C.M. Arronches	ES	744	Est.	C.M. Arronches	ES	4392	Ent.	C.M. Arronches	ES	819	Ent.	C.M. Arronches
			FEITEIRONA 1 (FURO)	ES	744	-	C.M. Arronches	-	744	Est.	C.M. Arronches	ES	744	Est.	C.M. Arronches	ES	4392	Ent.	C.M. Arronches	ES	841	Ent.	C.M. Arronches
			FEITEIRONA 2 (FURO)	ES	744	-	C.M. Arronches	-	744	Est.	C.M. Arronches	ES	744	Est.	C.M. Arronches	ES	4392	Ent.	C.M. Arronches	ES	819	Ent.	C.M. Arronches
			CONTENDA 3 - (FURO)	ES	-	-	C.M. Arronches	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total origem (m3/ ano)					**209.406**				**211.023**				**209.406**				**152.424**				**158.612**		

Campo Maior (UAG 1) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
Alb. Caia	7459	S.I. (Caia MAI)	CAIA	ES	2758822,8	-	ABCaia	-	2758822,8	Est.	ABCaia	ES	2758822,8	Est.	ABCaia	ES	2758822,8	Est.	ABCaia	ES	2748964	Est.	ABCaia
Total origem (m3/ ano)					**2.758.823**				**2.758.823**				**2.758.823**				**2.758.823**				**2.748.964**		
MAI	-	S.I. (Caia MAI)	FONTE NOVA	ES	28095,6	-	C.M. Campo Maior	ES	28095,6	Est.	C.M. Campo Maior	ES	117294	Ent.	C.M. Campo Maior	ES	117294	Est.	C.M. Campo Maior	-	-	-	-
			CARRASCAL - (MINA)	ES	181531,2	-	C.M. Campo Maior	ES	181531,2	Est.	C.M. Campo Maior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			AVELADA 1 - (FURO)	ES	48850,8	-	C.M. Campo Maior	-	48850,8	Est.	C.M. Campo Maior	ES	17516,5	Ent.	C.M. Campo Maior	ES	17516,4	Est.	C.M. Campo Maior	-	-	-	-
			AVELADA 2 - (FURO)	ES	72405,6	-	C.M. Campo Maior	-	72405,6	Est.	C.M. Campo Maior	ES	17516,5		C.M. Campo Maior	ES	12624	Ent.	C.M. Campo Maior	-	-	-	-
			CONTENDA 1 - (FURO)	ES	15549,6	-	C.M. Campo Maior	-	15549,6	Est.	C.M. Campo Maior	ES	38405	Ent.	C.M. Campo Maior	ES	31572	Ent.	C.M. Campo Maior	-	-	-	-
			CONTENDA 2 - (FURO)	ES	69904,8	-	C.M. Campo Maior	ES	69904,8	Est.	C.M. Campo Maior	ES	38405	Ent.	C.M. Campo Maior	ES	38404,8	Est.	C.M. Campo Maior	-	-	-	-
			BOAVISTA - (POÇO)	ES	181531,2	-	C.M. Campo Maior	-	181531,2	Est.	C.M. Campo Maior	-	-	-	-	FS	-	-	-	-	-	-	-
			NOSSA SENHORA DA GRAÇA - (POÇO)	ES	181531,2	-	C.M. Campo Maior	-	181531,2	Est.	C.M. Campo Maior	-	-	-	-	FS	-	-	-	-	-	-	-
			COVÕES - (MINA)	ES	24974,4	-	C.M. Campo Maior	-	24974,4	Est.	C.M. Campo Maior	ES	14635	Ent.	C.M. Campo Maior	ES	14635,2	Est.	C.M. Campo Maior	ES	400	Ent.	C.M. Campo Maior
			D. CARLOS - (FURO)	ES	24974,4	-	C.M. Campo Maior	-	24974,4	Est.	C.M. Campo Maior	ES	14635	Ent.	C.M. Campo Maior	ES	14635,2	Est.	C.M. Campo Maior	ES	47450	Ent.	C.M. Campo Maior
Total origem (m3/ ano)					**829.349**				**829.349**				**258.407**				**246.682**				**47.850**		

Elvas (UAG 1) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
Alb. Caia	16159	S.I. (Caia, Aq. El-V.B, MAI)	CAIA	ES	2758822,8	-	ABCaia	-	2758822,8	Est.	ABCaia	ES	2758822,8	Est.	ABCaia	ES	2758822,8	Est.	ABCaia	ES	2748964	Est.	ABCaia
Total origem (m3/ ano)					**2.758.823**				**2.758.823**				**2.758.823**				**2.758.823**				**2.748.964**		
Aq. Elvas - Campo Maior	-	S.A. (Aq. El-C.M.)	CAIA 1 (POÇO)	ES	1249,2	-	C.M. Elvas	-	1249,2	Est.	C.M. Elvas	ES	1249,2	Est.	C.M. Elvas	ES	1249,2	Ent.	C.M. Elvas	ES	1788	Est.	C.M. Elvas
			CAIA 2 (POÇO)	ES	1249,2	-	C.M. Elvas	-	1249,2	Est.	C.M. Elvas	ES	1249,2	Est.	C.M. Elvas	FS	0	-	C.M. Elvas	-	-	-	-
			CAIA 3 (POÇO)	ES	1249,2	-	C.M. Elvas	-	1249,2	Est.	C.M. Elvas	ES	1249,2	Est.	C.M. Elvas	ES	1249,2	Ent.	C.M. Elvas	ES	1788	Est.	C.M. Elvas
Total origem (m3/ ano)					**3.748**				**3.748**				**3.748**				**2.498**				**3.576**		
Aq. Elvas - Vila Boim	-	S.A. (Aq. El.-V.B)	SÃO LOURENÇO (FURO)	ES	453,6	-	C.M. Elvas	-	453,6	Est.	C.M. Elvas	ES	453,6	Est.	C.M. Elvas	ES	453,6	Ent.	C.M. Elvas	ES	456	Ent.	C.M. Elvas
			Sub total sistema (m3/ ano)		*453,6*				*453,6*				*453,6*				*453,6*				*456*		
		S.I. (Caia, Aq. El-V.B, MAI)	7 FONTES (POÇO)	ES	45770,4	-	C.M. Elvas	-	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Ent.	C.M. Elvas	ES	37321	Est.	C.M. Elvas
			GORGULHÃO (POÇO)	ES	45770,4	-	C.M. Elvas	-	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Ent.	C.M. Elvas	ES	37321	Est.	C.M. Elvas
			ALGARAVANHAS DE BAIXO (POÇO)	ES	45770,4	-	C.M. Elvas	-	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Ent.	C.M. Elvas	ES	37321	Est.	C.M. Elvas
			ALGARAVANHAS DE CIMA (POÇO)	ES	45770,4	-	C.M. Elvas	-	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Ent.	C.M. Elvas	ES	37321	Est.	C.M. Elvas
			TRINTA ALFERES - (POÇO)	ES	45770,4	-	C.M. Elvas	-	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Ent.	C.M. Elvas	ES	37321	Est.	C.M. Elvas
			VILA BOIM (POÇO)	ES	45770,4	-	C.M. Elvas	-	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Ent.	C.M. Elvas	ES	37321	Est.	C.M. Elvas
			Sub total sistema (m3/ ano)		*274622,4*				*274622,4*				*274622,4*				*274622,4*				*223926*		
Total origem (m3/ ano)					**275.076**				**275.076**				**275.076**				**275.076**				**224.382**		
MAI	-	S.A. (MAI)	MONTE VISTOSO (POÇO)	ES	416,4	-	C.M. Elvas	-	416,4	Est.	C.M. Elvas	ES	416,4	Est.	C.M. Elvas	ES	416,4	Ent.	C.M. Elvas	ES	420	Ent.	C.M. Elvas

Elvas (UAG 1) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
			CASAS NOVAS (FURO)	ES	3003,6	-	C.M. Elvas	-	3003,6	Est.	C.M. Elvas	ES	3003,6	Est.	C.M. Elvas	ES	3003,6	Ent.	C.M. Elvas	ES	3000	Ent.	C.M. Elvas
			Sub total sistema (m3/ ano)		*3420*				*3420*				*3420*				*3420*				*3420*		
		S.I. (Caia, Aq. El-V.B, MAI)	CANCÃO 1 (FURO)	ES	45770,4	-	C.M. Elvas	-	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Ent.	C.M. Elvas	ES	37321	Est.	C.M. Elvas
			CANCÃO 2 (FURO)	ES	45770,4	-	C.M. Elvas	-	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Ent.	C.M. Elvas	ES	37321	Est.	C.M. Elvas
			CANCÃO 3 (FURO)	ES	45770,4	-	C.M. Elvas	-	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Ent.	C.M. Elvas	ES	37321	Est.	C.M. Elvas
			ABEGUARIA	ES	45770,4	-	C.M. Elvas	-	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Ent.	C.M. Elvas	ES	37321	Est.	C.M. Elvas
			S.VICENTE E VENTOSA - (FURO)	ES	45770,4	-	C.M. Elvas	-	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Ent.	C.M. Elvas	ES	37321	Est.	C.M. Elvas
			BARBACENA (FURO)	ES	45770,4	-	C.M. Elvas	-	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Est.	C.M. Elvas	FS	0	-	C.M. Elvas	-	-	-	-
			Sub total sistema (m3/ ano)		*274622,4*				*274622,4*				*274622,4*				*228852*				*186605*		
Total origem (m3/ ano)					**278.042**				**278.042**				**278.042**				**232.272**				**190.025**		

Alandroal (UAG 2) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
Aq. Estremoz - Cano	-	S.I. (Aq. Es-Can, MAI)	Santo António 1	ES	63635	-	C.M.Alandroal	ES	30626	Ent.	C.M.Alandroal	ES	0	Ent.	C.M.Alandroal	FR	4	-	C.M.Alandroal	FR	0	Ent.	C.M.Alandroal
			Santo António 2	ES	95346	-	C.M.Alandroal	ES	36027	Ent.	C.M.Alandroal	ES	0	Ent.	C.M.Alandroal	ES	0	-	C.M.Alandroal	FR	0	Ent.	C.M.Alandroal
			Santo António 4	-	-	-	-	ES	34381	Ent.	C.M.Alandroal	ES	107943	Ent.	C.M.Alandroal	ES	204517	Ent.	C.M.Alandroal	ES	107361	Ent.	C.M.Alandroal
			Santo António 5	-	-	-	-	FR	338405	Ent.	C.M.Alandroal	-	-	-	-	FR	4	-	C.M.Alandroal	ES	0	Ent.	C.M.Alandroal
			Algar das morenas 1	ES	-	-	C.M.Alandroal	FR	0	Ent.	C.M.Alandroal	-	-	-	-	FR	0	-	C.M.Alandroal	FR	0	Ent.	C.M.Alandroal
			Algar das morenas 2	ES	416770	-	C.M.Alandroal	ES	484870	Ent.	C.M.Alandroal	ES	427650	Ent.	C.M.Alandroal	ES	382240	Ent.	C.M.Alandroal	ES	140980	Ent.	C.M.Alandroal
			Alandroal - ALGAR daS MORENAS (FURO)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	ES	138867	Ent.	AdCA
			Alandroal - ALGAR daS MORENAS (POÃO)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	FR	-	-	AdCA
			Alandroal - ALGAR de SANTO ANTÓNIO 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	FR	-	-	AdCA
			Alandroal - ALGAR de SANTO ANTÓNIO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	FR	-	-	AdCA
			Alandroal - ALGAR de SANTO ANTÓNIO 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	ES	69430	Ent.	AdCA
			Alandroal - ALGAR de SANTO ANTÓNIO 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	ES	69430	Ent.	AdCA
Total origem (m3/ ano)					**575.751**				**924.309**				**535.593**				**586.765**				**526.068**		

Alandroal (UAG 2) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
MAI	-	S.I. (Aq. Es-Can, MAI)	Mina do Bugalho 1	-	-	-	-	FR	34799	Ent.	C.M.Alandroal	-	-	-	-	FR	0	-	C.M.Alandroal	FR	0	Ent.	C.M.Alandroal
			Sub total sistema (m3/ ano)		-				*34799*				-				*0*				*0*		
		S.A. (MAI)	Cascalhais 1	ES	2620	-	C.M.Alandroal	ES	2430	Ent.	C.M.Alandroal	ES	5397	Ent.	C.M.Alandroal	ES	5668,5	Ent.	C.M.Alandroal	ES	5235	Ent.	C.M.Alandroal
			Cascalhais 2	ES	2615	-	C.M.Alandroal	ES	2430	Ent.	C.M.Alandroal	ES	5397	Ent.	C.M.Alandroal	ES	5668,5	Ent.	C.M.Alandroal	ES	4856	Ent.	C.M.Alandroal
			Cascalhais 3	-	-	-	-	FR	0	Ent.	C.M.Alandroal	-	-	-	-	-	-	-	-	FR	0	Ent.	C.M.Alandroal
			Cascalhais 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FR	0	Ent.	C.M.Alandroal
			Juromenha 1	FR	3786	-	C.M.Alandroal	FR	0	Ent.	C.M.Alandroal	-	-	-	-	FR	0	-	C.M.Alandroal	FR	0	Ent.	C.M.Alandroal
			São Romão 1	-	-	-	-	ES	8746	Ent.	C.M.Alandroal	ES	1500	Ent.	C.M.Alandroal	-	-	-	-	FR	0	Ent.	C.M.Alandroal
			Sub total sistema (m3/ ano)						*13606*				*12294*				*11337*				*10091*		
Total origem (m3/ ano)					**9.021**				**48.405**				**12.294**				**11.337**				**10.091**		

Borba (UAG 2) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
Aq. Estremoz-Cano	-	S.A. (Aq. Es-Can)	ALTO DOS BACÊLOS	ES	98930,4	-	C.M. Borba	-	83702	Ent.	C.M. Borba	ES	83702	Est.	AdCA	ES	83702	Est.	C.M. Borba	ES	90051	Ent.	C.M. Borba
			DESVIO	ES	82705,68	-	C.M. Borba		71612,3	Ent.	C.M. Borba	ES	23870,76667	Est.	AdCA	ES	23870,77	Est.	C.M. Borba	-	-	-	-
			OCA	ES	69751,2	-	C.M. Borba	ES	71612,3	Ent.	C.M. Borba	ES	23870,76667	Est.	AdCA	ES	23870,77	Est.	C.M. Borba	-	-	-	-
			OUTEIRO DOS PINHEIROS	ES	54643,2	-	C.M. Borba	-	71612,3	Ent.	C.M. Borba	ES	23870,76667	Est.	AdCA	ES	23870,77	Est.	C.M. Borba	-	-	-	-
			FONTE do FREIXO (F1)	ES	283047,6	-	AdCA	ES	241093,5	Ent.	C.M. Borba	ES	120546,75	Est.	AdCA	ES	120546,75	Est.	C.M. Borba	ES	286946	Ent.	C.M. Borba
			FONTE do FREIXO (F2)	ES	320685,6	-	AdCA	ES	241093,5	Ent.	C.M. Borba	ES	120546,75	Est.	AdCA	ES	120546,75	Est.	C.M. Borba	ES	286946	Ent.	C.M. Borba
			Borba - FURO da OCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	-	-	-	-
			Borba - FURO do ALTO doS BACELOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	-	-	-	-
			Borba - FURO do deSVIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	-	-	-	-
			Borba - FURO do OUTEIRO doS PINHEIROS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	-	-	-	-
			Borba - FONTE do FREIXO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	-	-	-	-
			Borba - FONTE do FREIXO 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	-	-	-	-
Total origem (m3/ ano)					**909.764**				**780.726**				**396.408**				**396.408**				**663.943**		

Elvas (UAG 2) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
MAI	-	S.I. (Caia, Aq. El-V.B, MAI)	SANTO ANTÓNIO (FURO)	ES	45770,4	-	C.M. Elvas	-	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Est.	C.M. Elvas	ES	45770,4	Ent.	C.M. Elvas	ES	37321	Est.	C.M. Elvas
Total origem (m3/ ano)					**45.770**				**45.770**				**45.770**				**45.770**				**37.321**		

Redondo (UAG 2) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
MAI	-	S.I. (Vigia, MAI)	CANDIEIRA 1	ES	4749,6	-	C.M. Redondo	-	4749,6	Est.	C.M. Redondo	ES	4749,6	Est.	C.M. Redondo	ES	4671,6	Ent.	C.M. Redondo	ES	3908,4	Ent.	C.M. Redondo
			CANDIEIRA 2	ES	4749,6	-	C.M. Redondo	-	4749,6	Est.	C.M. Redondo	ES	4749,6	Est.	C.M. Redondo	ES	4671,6	Ent.	C.M. Redondo	ES	3908,4	Ent.	C.M. Redondo
			CANDIEIRA 3	ES	4749,6	-	C.M. Redondo	-	4749,6	Est.	C.M. Redondo	ES	4749,6	Est.	C.M. Redondo	ES	4671,6	Ent.	C.M. Redondo	ES	3908,4	Ent.	C.M. Redondo
			CANDIEIRA 4	ES	4749,6	-	C.M. Redondo	-	4749,6	Est.	C.M. Redondo	ES	4749,6	Est.	C.M. Redondo	ES	4671,6	Ent.	C.M. Redondo	ES	3908,4	Ent.	C.M. Redondo
			Redondo - CANDEEIRA POÇO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	-	-	-	-
			Redondo - CANDEEIRA POÇO 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	-	-	-	-
			Redondo - CANDEEIRA POÇO 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	-	-	-	-
Total origem (m3/ ano)					**18.998**				**18.998**				**18.998**				**18.686**				**15.634**		

Vila Viçosa (UAG 2) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
Aq. Estremoz -Cano	-	S.I. (Aq. Es-Can, MAI)	PARDAIS (F2)	ES	200000,4	-	C.M. Vila Viçosa	-	2739,73	Est.	C.M. Vila Viçosa	ES	40734	Ent.	C.M. Vila Viçosa	ES	40830	Ent.	C.M. Vila Viçosa	ES	36892,8	Ent.	C.M. Vila Viçosa
			BENCATEL (LAGOA)	ES	100400,4	-	C.M. Vila Viçosa	-	1375,34	Est.	C.M. Vila Viçosa	ES	100156	Ent.	C.M. Vila Viçosa	ES	116355,6	Ent.	C.M. Vila Viçosa	ES	112054,2	Ent.	C.M. Vila Viçosa
			QUINTA AUGUSTA	ES	77300,4	-	C.M. Vila Viçosa	-	-	-	-	ES	149358	Ent.	C.M. Vila Viçosa	ES	183230,4	Ent.	C.M. Vila Viçosa	ES	178022,4	Ent.	C.M. Vila Viçosa
			FONTANAS 1	-	-	-	-	-	-	-	-	FR	3136	Ent.	C.M. Vila Viçosa	FR	0	-	C.M. Vila Viçosa	FR	0	Ent.	C.M. Vila Viçosa
			FONTANAS 2	-	-	-	-	-	-	-	-	FR	3136	Ent.	C.M. Vila Viçosa	FR	0	-	C.M. Vila Viçosa	FR	0	Ent.	C.M. Vila Viçosa
			NORA	-	-	-	-	-	-	-	-	FR	18834	Ent.	C.M. Vila Viçosa	-	-	Ent.	-	ES	13849,2	Ent.	C.M. Vila Viçosa
			RLA 2C	ES	146400	-	C.M. Vila Viçosa	-	-	-	-	FR	373776	Ent.	C.M. Vila Viçosa	-	0	Ent.	C.M. Vila Viçosa	ES	-	Ent.	C.M. Vila Viçosa
			JK1	-	-	-	-	-	-	-	-	FR	88388	Ent.	C.M. Vila Viçosa	-	-	Ent.	-	ES	-	Ent.	C.M. Vila Viçosa
			PEDREIRA P26	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	206240	Ent.	C.M. Vila Viçosa	-	0	Ent.	C.M. Vila Viçosa	ES	177217,2	Ent.	C.M. Vila Viçosa
			RLA3C	FR		-	C.M. Vila Viçosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	C.M. Vila Viçosa	ES	-	Ent.	C.M. Vila Viçosa
			Vila Viçosa (RLA 1C)	FR		-	C.M. Vila Viçosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C.M. Vila Viçosa	-	-	-	-
			Álamo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C.M. Vila Viçosa	-	-	-	-
			Vila Viçosa (LF9)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C.M. Vila Viçosa	-	-	-	-
			Vila Viçosa (LF12)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C.M. Vila Viçosa	-	-	-	-
			Vila Viçosa (JK1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C.M. Vila Viçosa	-	-	-	-
			Vila Viçosa (JK2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C.M. Vila Viçosa	-	-	-	-
Total origem (m3/ ano)					**524.101**				**4.115**				**983.758**				**340.416**				**518.036**		
MAI	-	S.I. (Aq. Es-Can, MAI)	CASCALHAIS (Vila Viçosa)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	FR	0	-	C.M. Vila Viçosa	-	-	-	-
Total origem (m3/ ano)					**-**				**-**				**-**				**0**				**-**		

Redondo (UAG 3) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
Alb. Vigia	7288	S.I. (Vigia, MAI)	ALBUFEIRA DA VIGIA	ES	1663200	-	ABOV	ES	771057	Ent.	ABOV	ES	311389,5436	Ent.	AdCA	ES	1371151	Ent.	AdCA	ES	559040	Ent.	AdCA
Total origem (m3/ ano)					**1.663.200**				**771.057**				**311.390**				**1.371.151**				**559.040**		

Estremoz (UAG 3) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
MAI	-	S.A. (MAI)	ÉVORA-MONTE	ES	5000,4	-	C.M. Estremoz	-	5000,4	Est.	C.M. Estremoz	ES	6920,4	Ent.	C.M. Estremoz	ES	6920,4	Est.	C.M. Estremoz	ES	9648	Ent.	C.M. Estremoz
			FURO NOVO EVORAMONTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	5640	Ent.	C.M. Estremoz
Total origem (m3/ ano)					**5.000**				**5.000**				**6.920**				**6.920**				**15.288**		

Alandroal (UAG 3) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
MAI	-	S.I. (Aq. Es-Can, MAI)	CASAS NOVAS de MARES	FR	10800	-	C.M. Alandroal	-	-	-	-	-	-	-	-	FR	0	Ent.	C.M. Alandroal	FR	0	Ent.	C.M. Alandroal
			CABEÇA DE CARNEIRO 3	FR	1505	-	C.M. Alandroal	FR	581	Ent.	C.M. Alandroal	-	-	-	-	FR	325	Ent.	C.M. Alandroal	FR	0	Ent.	C.M. Alandroal
			CABEÇA DE CARNEIRO 1	FR	1510	-	C.M. Alandroal	FR	587	Ent.	C.M. Alandroal	-	-	-	-	FR	0	Ent.	C.M. Alandroal	FR	0	Ent.	C.M. Alandroal
			Palha 2	ES	8113	-	C.M.Alandroal	ES	684	Ent.	C.M.Alandroal	ES	9170	Ent.	C.M.Alandroal	ES	9762	Ent.	C.M.Alandroal	ES	2793	Ent.	C.M.Alandroal
			Alandroal - PALHA (FURO)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EC	-	-	AdCA	-	-	-	-
			Alandroal - PALHA (RA4)	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	6663	Ent.	C.M.Alandroal	ES	5089,5	Ent.	AdCA	ES	1650	Ent.	AdCA
			Alandroal - PALHA (RA5)	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	6663	Ent.	C.M.Alandroal	ES	5089,5	Ent.	AdCA	ES	1650	Ent.	AdCA
Total origem (m3/ ano)					**21.928**				**1.852**				**22.496**				**20.266**				**6.093**		

Évora (UAG 3) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água		População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
					Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
Alb. Monte Novo		51434	S.I. (Monte Novo, MAI)	ALBUFEIRA DE MONTE NOVO	ES	4234480	-	C.M. Évora	ES	4234480	Ent.	C.M.Évora, AdCA	ES	4033830	Ent.	AdCA	ES	4226804	Ent.	AdCA	ES	5682010	Ent.	AdCA
Total origem (m3/ ano)						**4.234.480**				**4.234.480**				**4.033.830**				**4.226.804**				**5.682.010**		
MAI	-		S.A. (MAI)/ S.I. (Monte Novo, MAI)	TORRE DE COELHEIROS (FURO 1)	ES	11150,4	-	C.M. Évora	ES	20474	Ent.	C.M. Évora	ES	25300	Ent.	C.M. Évora	ES	23250	Ent.	C.M. Évora	ES	21250	Ent.	C.M. Évora
				TORRE DE COELHEIROS (FURO 3)	FR	-	-	C.M. Évora	FR	290	Ent.	C.M. Évora	-	-	-	-	FR	-	-	C.M. Évora	FR	0	Ent.	C.M. Évora
				TORRE DE COELHEIROS (POÇO 1)	-	-	-	-	FR	3576	Ent.	C.M. Évora	-	-	-	-	FR	-	-	C.M. Évora	FR	0	Ent.	C.M. Évora
				TORRE DE COELHEIROS (FURO 2)	ES	24692,4	-	C.M. Évora	ES	17130	Ent.	C.M. Évora	ES	15720	Ent.	C.M. Évora	ES	14260	Ent.	C.M. Évora	ES	12930	Ent.	C.M. Évora
				VENDINHA (FURO 1)	ES	36963,6	-	C.M. Évora	ES	28390	Ent.	C.M. Évora	ES	25140	Ent.	C.M. Évora	ES	29550	Ent.	C.M. Évora	ES	4920	Ent.	C.M. Évora
				SÃO MANÇOS (POÇO 1)	ES	81183,6	-	C.M. Évora	ES	55030	Ent.	C.M. Évora	ES	58740	Ent.	C.M. Évora	ES	80210	Ent.	C.M. Évora	ES	20610	Ent.	C.M. Évora
				SÃO MANÇOS (FURO 1)	FR	62,4	-	C.M. Évora	FR	13470	Ent.	C.M. Évora	-	-	-	-	FR	5940	Ent.	C.M. Évora	FR	3490	Ent.	C.M. Évora
				VENDINHA (POÇO 1)	-	-	-	-	FR	7690	Ent.	C.M. Évora	-	-	-	-	FR	3630	Ent.	C.M. Évora	FR	1160	Ent.	C.M. Évora
				SÃO VICENTE DO VALONGO (FURO 1)	-	-	-	-	-	-	Ent.	-	ES	1930	Ent.	C.M. Évora	ES	1504	Ent.	C.M. Évora	ES	261	Ent.	C.M. Évora
				SÃO VICENTE DO VALONGO (POÇO 1)	ES	3360	-	C.M. Évora	ES	5570	-	C.M. Évora	ES	3330	Ent.	C.M. Évora	ES	2566	Ent.	C.M. Évora	ES	449	Ent.	C.M. Évora
				Sub total sistema (m3/ ano)		*157412,4*				*151620*				*130160*				*160910*				*65070*		
			S.I. (Monte Novo, MAI)	SÃO MIGUEL DE MACHEDE (FURO 2)	FR	0	-	C.M. Évora	ES	4990	Ent.	C.M. Évora	ES	1530	Ent.	C.M. Évora	ES	660	Ent.	C.M. Évora	ES	0	Ent.	C.M. Évora
				SÃO MIGUEL DE MACHEDE (POÇO 1)	ES	23972,4	-	C.M. Évora	ES	18770	Ent.	C.M. Évora	ES	25640	Ent.	C.M. Évora	ES	16320	Ent.	C.M. Évora	ES	19560	Ent.	C.M. Évora
				SÃO MIGUEL DE MACHEDE (POÇO 2)	ES	16089,6	-	C.M. Évora	ES	20250	Ent.	C.M. Évora	ES	16470	Ent.	C.M. Évora	ES	13830	Ent.	C.M. Évora	ES	18520	Ent.	C.M. Évora
				AZARUJA (POÇO 1)	ES	38552,4	-	C.M. Évora	ES	24108	Ent.	C.M. Évora	ES	9677,5	Ent.	C.M. Évora	ES	20385	Ent.	C.M. Évora	ES	16015	Ent.	C.M. Évora
				AZARUJA (POÇO 2)	ES	129891,6	-	C.M. Évora	ES	4252	Ent.	C.M. Évora	ES	9677,5	Ent.	C.M. Évora	ES	20385	Ent.	C.M. Évora	ES	16015	Ent.	C.M. Évora
				AZARUJA (FURO 1)	-	-	-	-	ES	13090	Ent.	C.M. Évora	ES	11630	Ent.	C.M. Évora	ES	9480	Ent.	C.M. Évora	ES	13210	Ent.	C.M. Évora
				AZARUJA (POÇO DA VENDA)	ES	14089,2	-	C.M. Évora	ES	11480	Ent.	C.M. Évora	ES	9410	Ent.	C.M. Évora	ES	7300	Ent.	C.M. Évora	ES	10660	Ent.	C.M. Évora
				SÃO MIGUEL DE MACHEDE (FURO 1)	FR	0	-	C.M. Évora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				Sub total sistema (m3/ ano)		*222595,2*				*96940*				*84035*				*88360*				*93980*		
Total origem (m3/ ano)						**380.008**				**248.560**				**214.195**				**249.270**				**159.050**		

Reguengos de Monsaraz (UAG 3) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
Alb. Vigia	11382	S.I. (Vigia, MAI)	ALBUFEIRA DA VIGIA	ES	1663200	-	ABOV	ES	771057	Ent.	ABOV	ES	311389, 5436	Ent.	Ad CA	ES	137115 1	Ent.	Ad CA	ES	559040	Ent.	AdCA
Total origem (m3/ ano)					**1.663.200**				**771.057**				**311.390**				**1.371.151**				**559.040**		
Alb. Monte Novo	11551	S.I. (Monte Novo, MAI)	ALBUFEIRA DE MONTE NOVO	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-		-	ES	5682010	Ent.	AdCA
Total origem (m3/ ano)					**-**				**-**				**-**				**-**				**5.682.010**		
MAI	-	S.I. (Vigia, MAI)	SESMEIRINHOS	ES	2073,6	-	C.M.Reg.Mos.	ES	13248	Ent.	Mun. Reg. Mon.	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	55940,4	Ent.	Mun. Reg. Mon.
			CEBOLINHOS	ES	2073,6	-	C.M.Reg.Mos.	ES	13248	Ent.	Mun. Reg. Mon.	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	38156,37	Est.	Mun. Reg. Mon.
			PERDIGÕES 2	ES	2073,6	-	C.M.Reg.Mos.	ES	13248	Ent.	Mun. Reg. Mon.	-	-	-	-	-	-	-	-	FR	179422,32	Est.	Mun. Reg. Mon.
			PERDIGÕES 1	ES	2073,6	-	C.M.Reg.Mos.	ES	30382	Ent.	Mun. Reg. Mon.	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	236802,51	Est.	Mun. Reg. Mon.
			PERDIGÕES 3	ES	2073,6	-	C.M.Reg.Mos.	ES	13248	Ent.	Mun. Reg. Mon.	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	236802,51	Est.	Mun. Reg. Mon.
			MOTRINOS/BASSOURAIS	ES	2073,6	-	C.M.Reg.Mos.	ES	33144	Ent.	Mun. Reg. Mon.	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	18646,8	Ent.	Mun. Reg. Mon.
			REVELHEIRA	ES	2073,6	-	C.M.Reg.Mos.	ES	13248	Ent.	Mun. Reg. Mon.	-	-	-	-	-	-	-	-	FR	65660,58	Est.	Mun. Reg. Mon.
Total origem (m3/ ano)					**14.515**				**129.766**				**-**				**-**				**831.431**		

Mourão (UAG 3) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
Alb. Monte Novo	1870	S.I. (Monte Novo, MAI)	ALBUFEIRA DE MONTE NOVO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	5682010	Ent.	AdCA
Total origem (m3/ ano)					**-**				**-**				**-**				**-**				**5.682.010**		
MAI	-	S.A. (MAI)	ALdelA da LUZ - RA3	ES	4149,6	-	AdCA	ES	23172	Ent.	AdCA	ES	17512,1	Ent.	AdCA	ES	14174	Ent.	AdCA	ES	17029	Ent.	AdCA
			ALdelA da LUZ - RA1	ES	3232,8	-	AdCA	ES	180	Ent.	AdCA	-	-	-	-	FR	0	-	AdCA	FR	0	Ent.	AdCA
			ALdelA da LUZ - RA2	ES	4460,4	-	AdCA	ES	11938,8	Ent.	AdCA	ES	17512,1	Ent.	AdCA	ES	14174	Ent.	AdCA	ES	17029	Ent.	AdCA
			FURO do BARRANCO - G2	ES	9466,8	-	C.M. Mourão	-	9466,8	Est.	C.M. Mourão	ES	9466,8	Est.	C.M. Mourão	ES	12507,6	Ent.	C.M. Mourão	-	-	-	-
			FURO da SOBREIRA - G6	ES	80466	-	C.M. Mourão	-	80466	Est.	C.M. Mourão	ES	80466	Est.	C.M. Mourão	ES	50029,2	Ent.	C.M. Mourão	ES	36197	Ent.	C.M. Mourão
			POÇO DAS CANAS	ES	4732,8		C.M. Mourão	-	4732,8	Est.	C.M. Mourão	ES	4732,8	Est.	C.M. Mourão	FS		-	C.M. Mourão	-	-	-	-
			Sub total sistema (m3/ ano)		*106508,4*				*129956,4*				*129689,8*				*90884,8*				*70255*		
		S.A. (MAI)/ S.I. (Monte Novo, MAI)	FAIA - F6 (FURO do CHAPARRO)	ES	10948,8	-	C.M. Mourão	-	10948,8	Est.	C.M. Mourão	ES	10948,8	Est.	C.M. Mourão	ES	46626	Ent.	C.M. Mourão	-	-	-	-
			FAIA - F23 (FURO PEQUENO)	ES	5475,6	-	C.M. Mourão	-	5475,6	Est.	C.M. Mourão	ES	5475,6	Est.	C.M. Mourão	ES	33303,6	Ent.	C.M. Mourão	-	-	-	-
			FAIA - POÇO	ES	112426,8	-	C.M. Mourão	-	112426,8	Est.	C.M. Mourão	ES	112426,8	Est.	C.M. Mourão	ES	33303,6	Ent.	C.M. Mourão	ES	90473	Ent.	C.M. Mourão
			FAIA - F9	ES	131391,6	-	C.M. Mourão		131391,6	Est.	C.M. Mourão	ES	131391,6	Est.	C.M. Mourão	ES	53286	Ent.	C.M. Mourão	ES	45240	Ent.	C.M. Mourão
			Mourão (PISCINAS)	ES	112426,8	-	C.M. Mourão	-	112426,8	Est.	C.M. Mourão	-	-	-	-	ES	112426,8	-	C.M. Mourão	-	-	-	-
			ALBUFEIRA - A13	ES	20653,2	-	C.M. Mourão	-	20653,2	Est.	C.M. Mourão	ES	61320	Est.	C.M. Mourão	ES	23145,6	Ent.	C.M. Mourão	-	-	-	-
			ALBUFEIRA - A14	ES	12392,4	-	C.M. Mourão	-	12392,4	Est.	C.M. Mourão	ES	12392,4	Est.	C.M. Mourão	ES	14466	Ent.	C.M. Mourão	-	-	-	-
			ALBUFEIRA - A12	ES	33045,6	-	C.M. Mourão		33045,6	Est.	C.M. Mourão	ES	33045,6	Est.	C.M. Mourão	-	-	Ent.	-	-	-	-	-
			FAIA - F1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	4524	Ent.	C.M. Mourão

Mourão (UAG 3) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
			FAIA - F8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	9048	Ent.	C.M. Mourão
			FAIA - F7	ES	10948,8	-	C.M. Mourão	-	10948,8	Est.	C.M. Mourão	ES	10948,8	Est.	C.M. Mourão	-	-	-	-	-	-	-	-
			FAIA - F4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	22620	Ent.	C.M. Mourão
			FAIA - F10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	9048	Ent.	C.M. Mourão
			G1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	6033	Ent.	C.M. Mourão
			G7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ES	18101	Ent.	C.M. Mourão
			Sub total sistema (m3/ ano)		*449709,6*				*449709,6*				*377949,6*				*316557,6*				*205087*		
Total origem (m3/ ano)					**556.218**				**579.666**				**507.639**				**407.442**				**275.342**		

Moura (UAG 3) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
MAI	-	S.A. (MAI)	ESTRELA (JFF2)	FR	4500	-	C.M. Moura	ES	2224,5	Ent.	C.M. Moura	ES	4255	Ent.	C.M. Moura	ES	3525	Ent.	C.M. Moura	ES	3372	Ent.	C.M. Moura
			ESTRELA (JFF3)	FR	4500	-	C.M. Moura	ES	4128,7	Ent.	C.M. Moura	ES	4128	Ent.	C.M. Moura	ES	4345	Ent.	C.M. Moura	ES	4344	Ent.	C.M. Moura
Total origem (m3/ ano)					**9.000**				**6.353**				**8.383**				**7.870**				**7.716**		

Portel (UAG 3) **Legenda:** ES – Em serviço; FS – Fora de serviço; FR – Furo de funcionamento de recurso; Ent. – Entidade; Est. - Estimado

Origem de água	População servida (hab.)	Sistema	Captações	Dados de 2002				Dados de 2005				Dados de 2006				Dados de 2007				Dados de 2008			
				Estado	Vol (m3/ ano)	dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG	Estado	Vol (m3/ ano)	Origem de dados	EG
Alb. Alvito (Sado)	3752	S.I. (Alvito, MAI)	Albufeira de Alvito	ES	1388919,6	-	AMCAL	ES	1620816	Ent.	AMCAL	ES	420123,0172	Ent.	AMC AL	ES	1525546	-	AMCAL	ES	1755848	Ent.	AMCAL
Total origem (m3/ ano)					**1.388.920**				**1.620.816**				**420.123**				**1.525.546**				**1.755.848**		
MAI	-	S.I. (Alvito, MAI)	PORTEL 1 (TAIPINHAS)	ES	29604	-	C.M. Portel	-	29604	Est.	C.M. Portel	-	-	-	-	ES	170419	Ent.	C.M. Portel	ES	98995	Ent.	C.M. Portel
			VERA CRUZ (TAIPAS)	ES	29604	-	C.M. Portel	ES	29604	Est.	C.M. Portel	-	-	-	-	ES	49696	Ent.	C.M. Portel	ES	54877	Ent.	C.M. Portel
			PORTEL 2 (TAIPINHAS)	FR	-	-	C.M. Portel	-	-	-	C.M. Portel	-	-	-	-	ES	0	-	C.M. Portel	FR	0	Ent.	C.M. Portel
			MONTE TRIGO 2	ES	29604	-	C.M. Portel	-	29604	Est.	C.M. Portel	-	-	-	-	ES	38892	Ent.	C.M. Portel	ES	30822,5	Ent.	C.M. Portel
			MONTE TRIGO 1	ES	29604	-	C.M. Portel	ES	29604	Est.	C.M. Portel	-	-	-	-	ES	38892	Ent.	C.M. Portel	ES	30822,5	Ent.	C.M. Portel
			ALQUEVA 1	ES	59208	-	C.M. Portel	-	-	-	-	-	-	-	-	FS		-	C.M. Portel	-	-	-	-
Total origem (m3/ ano)					**177.624**				**118.416**				**0**				**297.899**				**215.517**		

Anexo 11 – Matrizes de conversão de frequência de não excedência de P mensal para P acumulada

Matriz de determinação da frequência de não excedência de P acumulada (cenários) a partir dos cenários de P mensal - UAG 2

UAG 2		Percentil mensal	Frequência de não excedência de P acumulada (cenários)											
			Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Mês de início de previsão	Out	25	25	17	15	5	3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
		50	50	43	45	48	42	35	33	31	31	32	30	26
		75	75	77	78	79	76	82	84	84	86	85	86	89
	Nov	25		25	21	22	10	8	6	3	3	3	2	2
		50		50	52	57	52	47	41	36	28	25	25	29
		75		75	73	72	66	70	74	73	72	69	68	70
	Dez	25			25	14	10	10	4	4	3	3	3	3
		50			50	50	51	41	37	31	32	32	30	30
		75			75	76	73	80	80	84	86	86	86	88
	Jan	25				25	16	9	4	3	3	3	3	3
		50				50	44	46	44	30	26	26	25	22
		75				75	78	78	90	91	88	88	88	92
	Fev	25					25	13	9	3	3	3	2	3
		50					50	49	37	31	22	22	22	18
		75					75	72	86	88	91	91	91	92
	Mar	25						25	15	8	5	4	4	3
		50						50	37	27	25	21	21	16
		75						75	90	89	93	93	94	97
	Abr	25							25	17	11	8	8	4
		50							50	41	36	35	28	25
		75							75	79	80	80	82	86
	Mai	25								25	17	11	10	8
		50								50	38	35	27	24
		75								75	73	76	77	79
	Jun	25									25	24	15	6
		50									50	41	32	28
		75									75	74	75	82
	Jul	25										25	10	20
		50										50	37	42
		75										75	66	74
	Ago	25											25	24
		50											50	49
		75											75	76
	Set	25												25
		50												50
		75												75

Matriz de determinação da frequência de não excedência de P acumulada (cenários) a partir dos cenários de P mensal - UAG 3

UAG 3		Percentil mensal	Frequência de não excedência de P acumulada (cenários)											
			Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Mês de início de previsão	Out	25	25	25	11	7	6	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
		50	50	41	41	40	35	34	40	33	34	33	33	26
		75	75	81	83	82	80	83	84	85	85	85	85	86
	Nov	25		25	22	12	10	8	4	3	3	3	3	3
		50		50	46	50	45	44	40	42	36	37	32	35
		75		75	74	73	74	79	82	84	84	84	85	88
	Dez	25			25	18	10	10	3	3	3	3	3	3
		50			50	49	45	42	43	29	31	31	31	30
		75			75	74	73	80	81	85	86	86	85	88
	Jan	25				25	16	9	4	3	3	2	2	2
		50				50	43	50	45	39	31	31	31	32
		75				75	76	76	84	86	89	90	90	93
	Fev	25					25	13	9	<2	<2	<2	<2	<2
		50					50	54	40	34	34	32	31	24
		75					75	74	83	88	91	92	92	93
	Mar	25						25	12	4	<2	<2	<2	<2
		50						50	41	42	32	31	29	23
		75						75	82	90	90	89	89	92
	Abr	25							25	14	6	4	4	<2
		50							50	45	46	42	42	36
		75							75	81	87	88	87	84
	Mai	25								25	14	8	7	3
		50								50	37	37	29	25
		75								75	82	81	81	81
	Jun	25									25	22	12	5
		50									50	43	34	30
		75									75	74	76	80
	Jul	25										25	11	18
		50										50	34	38
		75										75	69	72
	Ago	25											25	24
		50											50	43
		75											75	64
	Set	25												25
		50												50
		75												75

Anexo 12 – Determinação dos níveis piezométricos globais dos principais sistemas aquíferos

(m)	Piezómetros avaliados (SNIRH)			Média global	Base de determinação da média global
	387/4	400/7	414/70		
Cota Terreno	**190,00**	**200,00**	**171,27**	**187,09**	**Média**
Jun-98			170,21		
Jul-98					
Ago-98			170,09		
Set-98			170,12		
Out-98			169,82		
Nov-98			170,08		
Dez-98					
Jan-99			169,53		
Fev-99	187,25	189,82		182,25	387/4 + 400/7
Mar-99			169,65		
Abr-99					
Mai-99					
Jun-99			169,72		
Jul-99					
Ago-99					
Set-99					
Out-99					
Nov-99		190,40		182,52	400/7
Dez-99					
Jan-00					
Fev-00					
Mar-00					
Abr-00			170,06		
Mai-00					
Jun-00	186,90	189,97	170,01	182,29	Média
Jul-00					
Ago-00					
Set-00					
Out-00					
Nov-00					
Dez-00					
Jan-01		190,99	170,51	183,13	400/7 + 414/70
Fev-01					
Mar-01		191,32	170,45	183,25	400/7 + 414/70
Abr-01					
Mai-01					
Jun-01			170,13		
Jul-01	186,87			181,93	387/4
Ago-01					
Set-01		188,41	169,65	181,58	400/7 + 414/70
Out-01					
Nov-01					
Dez-01		190,48	169,77	182,57	400/7 + 414/70
Jan-02	186,93	189,08	169,75	181,92	Média
Fev-02					
Mar-02	187,22		169,93	182,18	387/4 + 414/70
Abr-02	187,70	190,11	169,87	182,56	Média
Mai-02					
Jun-02	184,60	189,94	169,62	181,39	Média
Jul-02	185,88	189,13		181,52	387/4 + 400/7
Ago-02					
Set-02	187,27	189,47	169,38	182,04	Média
Out-02	187,47	189,78	169,41	182,22	Média
Nov-02	187,69		169,44	182,17	387/4 + 414/70

(m)	Piezómetros avaliados (SNIRH)			Média global	Base de determinação da média global
	387/4	400/7	414/70		
Cota Terreno	**190,00**	**200,00**	**171,27**	**187,09**	**Média**
Dez-02					
Jan-03		190,49	169,90	182,63	400/7 + 414/70
Fev-03					
Mar-03					
Abr-03	187,65	190,12	169,99	182,59	Média
Mai-03					
Jun-03	186,31	189,14	169,41	181,62	Média
Jul-03	186,68	188,65	169,44	181,59	Média
Ago-03					
Set-03					
Out-03			169,43		
Nov-03		190,11	170,03	182,52	400/7 + 414/70
Dez-03					
Jan-04					
Fev-04			170,26		
Mar-04					
Abr-04	187,67	190,46	170,06	182,73	Média
Mai-04					
Jun-04	187,79	189,20	169,94	182,31	Média
Jul-04	185,31	189,06	169,69	181,35	Média
Ago-04					
Set-04	186,62	189,45	169,52	181,86	Média
Out-04	186,76	189,41	169,57	181,91	Média
Nov-04			169,70		
Dez-04	187,90	189,89	169,57	182,45	Média
Jan-05	187,80	189,71	169,80	182,44	Média
Fev-05	186,66	189,48	169,76	181,97	Média
Mar-05		189,38	169,48	181,94	400/7 + 414/70
Abr-05	187,31	189,10	169,53	181,98	Média
Mai-05	185,81	188,82		181,39	387/4 + 400/7
Jun-05					
Jul-05	185,69	188,31	169,62	181,21	Média
Ago-05					
Set-05	186,77		169,29	181,70	387/4 + 414/70
Out-05	186,85	188,45	169,45	181,58	Média
Nov-05					
Dez-05					
Jan-06	187,69	189,25	169,34	182,09	Média
Fev-06					
Mar-06		189,47	169,44	181,97	400/7 + 414/70
Abr-06					
Mai-06	186,99	189,24	169,46	181,90	Média
Jun-06		187,52	169,59	181,16	400/7 + 414/70
Jul-06	185,65	187,18	169,64	180,82	Média
Ago-06					
Set-06	185,98		169,38	181,39	387/4 + 414/70
Out-06					
Nov-06					
Dez-06	187,63	190,84	170,02	182,83	Média
Jan-07	188,31	189,79	169,88	182,66	Média
Fev-07					
Mar-07	188,20	187,75	169,73	181,89	Média
Abr-07					
Mai-07					
Jun-07	186,47	187,94	169,92	181,44	Média
Jul-07					
Ago-07					
Set-07					

(m)	Piezómetros avaliados (SNIRH)			Média global	Base de determinação da média global
	387/4	400/7	414/70		
Cota Terreno	**190,00**	**200,00**	**171,27**	**187,09**	**Média**
Out-07					
Nov-07					
Dez-07					
Jan-08					
Fev-08					
Mar-08					
Abr-08					
Mai-08					
Jun-08					
Jul-08					
Ago-08					
Set-08					
Out-08					
Nov-08					
Dez-08					
Jan-09					
Fev-09					
Mar-09					
Abr-09					
Mai-09					
Jun-09					
Jul-09					
Ago-09					
Set-09					
Out-09					
Nov-09					
Dez-09		186,60		180,68	400/7
Jan-10					
Fev-10					
Mar-10					
Abr-10					
Mai-10					
Jun-10					
Jul-10					
Ago-10					
Set-10					

(m)	Piezómetros avaliados (SNIRH)					Média global	Base de determinação da média global
	399/12	413/54	413/78	413/123	414/45		
Cota Terreno	**380,00**	**436,09**	**371,00**	**390,00**	**278,00**	**371,02**	**Média**
Dez-97		432,26		386,34	264,35	366,11	413/54 + 413/123 + 414/45
Jan-98							
Fev-98		435,51	370,40		266,38	367,79	413/54 + 413/78 + 414/45
Mar-98							
Abr-98		433,27	369,74	386,23	267,05	367,19	413/54 + 413/78 + 413/123 + 414/45
Mai-98							
Jun-98	378,30	431,96	369,07	385,90	265,45	366,14	Média
Jul-98							
Ago-98	377,14	430,52	367,49	385,77	264,63	365,11	Média
Set-98	376,77	429,59	366,68	385,75	264,61	364,68	Média
Out-98	377,08	429,39	366,74	385,78	264,32	364,66	Média
Nov-98	378,10	429,19	366,51	385,68	264,24	364,74	Média
Dez-98	378,33	428,90				364,39	399/12 + 413/54
Jan-99	378,36	428,78	365,80	385,22	264,00	364,43	Média
Fev-99							
Mar-99	378,33	428,59	365,56	384,82	263,70	364,20	Média
Abr-99							
Mai-99							
Jun-99	376,98	428,37	364,82	381,24	263,05	362,89	Média
Jul-99							
Ago-99							
Set-99	376,06	428,08	363,68	381,84	262,66	362,46	Média
Out-99							
Nov-99							
Dez-99	378,40	428,73	365,38			364,03	399/12 + 413/54 + 413/78
Jan-00							
Fev-00							
Mar-00		427,92				363,40	413/54
Abr-00	378,49	428,81	364,77	383,79	262,72	363,72	Média
Mai-00							
Jun-00	377,77	429,71	366,00	382,87	262,60	363,79	Média
Jul-00							
Ago-00							
Set-00							
Out-00							
Nov-00							
Dez-00							
Jan-01							
Fev-01							
Mar-01	378,66	434,86	369,97	386,53	266,32	367,27	Média
Abr-01							
Mai-01	378,38	433,33		386,00	266,32	366,15	399/12 + 413/54 + 413/123 + 414/45
Jun-01							
Jul-01	377,18	431,45		385,39		364,96	399/12 + 413/54 + 413/123
Ago-01							
Set-01							
Out-01							
Nov-01							
Dez-01	378,32	430,32	366,55	385,52	264,14	364,97	Média
Jan-02	378,02	430,03	367,10	384,97	263,82	364,79	Média
Fev-02							
Mar-02	378,51	431,84	369,07	385,49	263,89	365,76	Média
Abr-02	378,47	432,36	369,59	385,63	263,82	365,97	Média
Mai-02							

(m)	Piezómetros avaliados (SNIRH)					Média global	Base de determinação da média global
	399/12	413/54	413/78	413/123	414/45		
Cota Terreno	**380,00**	**436,09**	**371,00**	**390,00**	**278,00**	**371,02**	**Média**
Jun-02	376,15	431,10		384,53	263,67	364,24	399/12 + 413/54 + 413/123 + 414/45
Jul-02							
Ago-02			366,41			364,36	413/78
Set-02	376,57	427,69		385,05		363,45	399/12 + 413/54 + 413/123
Out-02	378,08	429,43	366,05	384,76	263,41	364,35	Média
Nov-02	378,44	429,87	366,46	385,28		364,91	399/12 + 413/54 + 413/78 + 413/123
Dez-02		430,32				364,65	413/54
Jan-03	378,63	434,40	369,94	386,05	264,36	366,68	Média
Fev-03							
Mar-03							
Abr-03	378,41	434,19	369,82	386,21	263,61	366,45	Média
Mai-03							
Jun-03	377,52	432,42	369,49	385,72	262,35	365,50	Média
Jul-03					261,86		
Ago-03							
Set-03							
Out-03	378,27	430,89	366,94	386,95	263,24	365,26	Média
Nov-03	378,96	433,17	369,96		263,27	366,21	399/12 + 413/54 + 413/78 + 414/45
Dez-03							
Jan-04							
Fev-04	378,62			385,99	263,63	365,86	399/12 + 413/78 + 414/45
Mar-04		433,83				366,50	413/54
Abr-04	378,14	433,17	369,65	386,45	263,99	366,28	Média
Mai-04							
Jun-04	378,42	431,81	368,88	385,80	263,89	365,76	Média
Jul-04	376,43	430,96	367,91	386,18	263,89	365,07	Média
Ago-04							
Set-04	376,04	429,46	366,74	385,64	263,52	364,28	Média
Out-04	378,03	429,40	366,40	385,33	263,56	364,54	Média
Nov-04							
Dez-04	378,43	430,80	368,41	385,45		365,59	399/12 + 413/54 + 413/78 + 413/123
Jan-05	378,42	430,65	368,20	385,48	263,48	365,25	Média
Fev-05	378,39	430,35	367,69	385,44	263,52	365,08	Média
Mar-05	378,13	430,01		385,27	263,48	364,77	399/12 + 413/54 + 413/123 + 414/45
Abr-05	378,37	429,81	366,60	385,24	263,44	364,69	Média
Mai-05		429,58				364,27	413/54
Jun-05		429,36				364,15	413/54
Jul-05	375,05	429,26	366,04	384,31	262,88	363,51	Média
Ago-05		428,79				363,85	413/54
Set-05	375,53	428,67	364,01	383,98		362,75	399/12 + 413/54 + 413/78 + 413/123
Out-05		428,60				363,75	413/54
Nov-05	378,44	429,43	365,40	384,77		364,40	399/12 + 413/54 + 413/78 + 413/123
Dez-05		428,18				363,53	413/54
Jan-06	378,59	430,23	366,57	384,90	262,68	364,59	Média
Fev-06		430,41				364,70	413/54
Mar-06	378,60	430,78	368,38	385,01	263,36	365,23	Média
Abr-06		431,77				365,42	413/54
Mai-06	378,56	431,62	368,39	384,99	262,62	365,24	Média
Jun-06	376,86	431,07	366,91	384,95	262,56	364,47	Média
Jul-06	376,23	430,39	365,60	384,80	262,19	363,84	Média
Ago-06		430,08				364,53	413/54
Set-06	375,55	429,40	364,58	384,72	260,34	362,92	Média
Out-06		430,12	365,64			364,24	413/54 + 413/78
Nov-06	378,44	429,43	365,40	384,77		364,40	399/12 + 413/54 + 413/78 + 413/123
Dez-06	378,69	434,98	369,88	385,95	262,89	366,48	Média
Jan-07	378,38	433,61	369,72	386,04	263,44	366,24	Média
Fev-07							
Mar-07	378,50	433,07	369,66	386,06	262,74	366,01	Média

(m)	Piezómetros avaliados (SNIRH)					Média global	Base de determinação da média global
	399/12	413/54	413/78	413/123	414/45		
Cota Terreno	**380,00**	**436,09**	**371,00**	**390,00**	**278,00**	**371,02**	**Média**
Abr-07							
Mai-07							
Jun-07							
Jul-07							
Ago-07							
Set-07							
Out-07							
Nov-07							
Dez-07							
Jan-08							
Fev-08							
Mar-08							
Abr-08							
Mai-08							
Jun-08							
Jul-08							
Ago-08							
Set-08							
Out-08							
Nov-08							
Dez-08							
Jan-09							
Fev-09							
Mar-09							
Abr-09							
Mai-09							
Jun-09							
Jul-09							
Ago-09							
Set-09							
Out-09							
Nov-09							
Dez-09							
Jan-10					263,43		
Fev-10							
Mar-10							
Abr-10							

(m)	Piezómetros avaliados (SNIRH)						Média global	Base de determinação da média global
	426/302	426/334	426/335	426/337	440/107	440/109		
Cota Terreno	**464,00**	**401,01**	**392,35**	**418,00**	**417**	**391**	**413,89**	**Média**
Dez-97	455,42	396,27	384,66	413,25	385,20	365,47	400,05	Média
Jan-98								
Fev-98	460,61				392,20	367,92	404,68	426/302 + 440/107 + 440/109
Mar-98							397,32	
Abr-98	452,73				388,07	365,21	400,28	426/302 + 440/107 + 440/109
Mai-98								
Jun-98	453,70				386,17	364,11	399,58	426/302 + 440/107 + 440/109
Jul-98								
Ago-98	451,00	396,66	378,15	412,71	385,30	363,06	397,81	Média
Set-98	449,26	395,95	379,00	411,94	384,77	362,55	397,25	Média
Out-98	449,23	395,53	379,35	411,95	384,49	362,17	397,12	Média
Nov-98	448,68	394,80	379,14	411,46	384,28	361,75	396,69	Média
Dez-98								
Jan-99	448,30	393,52	378,71	410,87	383,92	361,29	396,10	Média
Fev-99								
Mar-99	447,76	392,63	378,82	410,64	383,73	361,10	395,78	Média
Abr-99					383,55	-	393,19	440/107
Mai-99								
Jun-99	447,33		374,60	410,28	-	359,14	400,21	426/302 + 426/335 + 426/337 + 440/109
Jul-99								
Ago-99								
Set-99	446,09	382,69	365,82	409,91			388,08	426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337
Out-99								
Nov-99								
Dez-99			379,62	411,16			395,91	426/335 + 426/337
Jan-00								
Fev-00								
Mar-00								
Abr-00	449,15		379,25	410,77			395,16	426/302 + 426/335 + 426/337
Mai-00								
Jun-00	452,36		379,25	411,62			396,44	426/302 + 426/335 + 426/337
Jul-00								
Ago-00								
Set-00								
Out-00								
Nov-00								
Dez-00								
Jan-01	459,54		386,80	415,75			402,40	426/302 + 426/335 + 426/337
Fev-01								
Mar-01	457,08		386,69	417,21			402,04	426/302 + 426/335 + 426/337
Abr-01								
Mai-01	452,80	396,84	384,26	415,83			399,72	426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337
Jun-01	450,40	395,85	381,74	414,28			397,80	426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337
Jul-01	444,98	395,12	378,69	413,48			395,23	426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337
Ago-01								
Set-01	448,83	394,20	376,50	412,58			395,19	426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337
Out-01	448,98	393,49	379,64	411,54			395,58	426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337
Nov-01								
Dez-01	448,28	393,50	379,45	410,62			395,12	426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337
Jan-02	447,92	393,50	378,40	408,08	382,90	352,93	393,96	Média
Fev-02								
Mar-02	448,37	393,50	379,47	410,52	384,54	353,19	394,93	Média
Abr-02	451,59	393,89	381,94	411,18	385,05	356,23	396,65	Média

(m)	Piezómetros avaliados (SNIRH)						Média global	Base de determinação da média global
	426/302	426/334	426/335	426/337	440/107	440/109		
Cota Terreno	**464,00**	**401,01**	**392,35**	**418,00**	**417**	**391**	**413,89**	**Média**
Mai-02								
Jun-02	449,21	393,04	376,59	410,94	385,14	354,62	394,92	Média
Jul-02								
Ago-02	447,95	391,21		406,88			391,52	426/302 + 426/334 + 426/337
Set-02	447,46	390,58	369,44	411,60	384,31	353,06	392,74	Média
Out-02	447,57	389,83	374,09	411,32	384,16	352,47	393,24	Média
Nov-02	448,40	388,72	377,83	411,02	383,89	352,62	393,75	Média
Dez-02								
Jan-03	458,06	393,66	384,14	413,67	384,01	360,68	399,04	Média
Fev-03								
Mar-03								
Abr-03	454,16	395,90	383,81	412,69	387,40	361,37	399,22	Média
Mai-03								
Jun-03	451,60	395,23	379,11	410,09	386,03	358,70	396,79	Média
Jul-03	450,10	394,79	378,01	412,38	385,61	357,46	396,39	Média
Ago-03								
Set-03	447,86	392,76	376,62	410,85	384,82	-	394,32	426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337 + 440/107
Out-03								
Nov-03	450,76	393,89	380,98	412,57	384,99	-	396,73	426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337 + 440/107
Dez-03								
Jan-04	453,67	395,82	382,94	411,37	387,42	361,20	398,74	Média
Fev-04								
Mar-04								
Abr-04	453,11	396,01	382,69	412,59	391,48	360,59	399,33	Média
Mai-04	452,15	395,53	382,00	412,57	387,72	359,30	398,21	Média
Jun-04	450,21	394,92	378,68	412,13	386,12	358,01	396,68	Média
Jul-04	448,75	394,49	373,04	411,39	385,34	356,82	394,97	Média
Ago-04								
Set-04	447,21		374,50	410,50	384,72	356,09	394,13	426/302 + 426/335 + 426/337 + 440/107 + 440/109
Out-04	445,82		377,09	410,71	384,59	352,04	393,59	426/302 + 426/335 + 426/337 + 440/107 + 440/109
Nov-04								
Dez-04	448,68	391,73	379,61	410,76	384,74	351,83	394,56	Média
Jan-05	448,17	391,13	379,38	410,44	384,29	350,99	394,07	Média
Fev-05	447,68	390,40	379,27	410,25	384,01	349,99	393,60	Média
Mar-05	447,23	389,39	378,96	410,20	384,01	349,99	393,59	Média
Abr-05	446,51	389,02	377,85	410,68	383,63	349,09	392,80	Média
Mai-05								
Jun-05	446,01	388,27	370,84		374,24	347,52	389,44	426/302 + 426/334 + 426/335 + 440/107 + 440/ 109
Jul-05	445,37	386,95	363,57	409,91	381,05	346,78	388,94	Média
Ago-05								
Set-05	444,58	383,86	361,23	409,68	382,79	342,71	387,48	Média
Out-05								
Nov-05	447,74	390,25	368,20	409,79	382,78	344,73	390,58	Média
Dez-05								
Jan-06	448,87	390,09	376,94	411,03	383,02	347,74	392,95	Média
Fev-06								
Mar-06	450,23	391,89	379,18	411,48	384,01	349,02	394,30	Média
Abr-06								
Mai-06	451,99	392,60	379,76	411,28	385,25	350,99	395,31	Média
Jun-06	449,82	391,63	377,83	410,57	384,83	350,21	394,15	Média
Jul-06	448,81	390,52	371,71	410,29	384,64	348,81	392,46	Média
Ago-06								
Set-06	447,61	387,84	366,90	409,88	383,04	338,92	389,03	Média
Out-06	448,57	389,26	373,04	410,88	383,96	345,83	391,92	Média
Nov-06	447,74	390,25	368,20	409,79	382,78	344,73	390,58	Média
Dez-06	454,74	392,28	381,92	413,44	385,28	355,22	397,15	Média
Jan-07	453,38	394,16	382,55	412,46	386,58	347,29	396,07	Média
Fev-07								

(m)	Piezómetros avaliados (SNIRH)						Média global	Base de determinação da média global
	426/302	426/334	426/335	426/337	440/107	440/109		
Cota Terreno	**464,00**	**401,01**	**392,35**	**418,00**	**417**	**391**	**413,89**	**Média**
Mar-07	453,38	393,91	381,68	411,91	387,70	358,77	397,89	Média
Abr-07								
Mai-07								
Jun-07	450,48	394,45	380,58	410,96	385,47	355,31	396,21	Média
Jul-07								
Ago-07								
Set-07								
Out-07								
Nov-07								
Dez-07								
Jan-08								
Fev-08								
Mar-08								
Abr-08								
Mai-08								
Jun-08								
Jul-08								
Ago-08								
Set-08								
Out-08								
Nov-08								
Dez-08								
Jan-09								
Fev-09								
Mar-09								
Abr-09								
Mai-09								
Jun-09								
Jul-09								
Ago-09								
Set-09								
Out-09								
Nov-09								
Dez-09	447,40	392,57	375,50	410,41	383,26	-	393,05	426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337 + 440/ 107
Jan-10	456,59		384,55	413,21	387,85	-	399,41	426/302 + 426/334 + 426/335 + 426/337 + 440/ 107

Anexo 13 – Indicadores de base na avaliação do risco de seca no subsector da agricultura de sequeiro (2003/04 a 2005/06)

UAG 2

Sequeiro		Cereais, leguminosas e forragens						Pastagens											
								Período de Outono-Inverno									Período de Primavera		
Indicador		P Nov-Fev (mm) - X1			P Mar-Abr (mm) - X2			P Set-Out (mm)			P Set-Nov (mm)			P Nov-Fev (mm)			P Mar-Abr (mm)		
Cenário		P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25
Ref (mm)		278,98	278,98	278,98	89,71	89,71	89,71	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	100,00	100,00	100,00	60,00	60,00	60,00
2003-2004	Out	475,83	278,98	127,85	175,96	89,71	44,25	173,95	173,95	173,95	290,78	250,67	208,98	475,83	278,98	127,85	175,96	89,71	44,25
	Nov	460,89	304,16	194,71	175,96	89,71	44,25	173,95	173,95	173,95	275,84	275,84	275,84	460,89	304,16	194,71	175,96	89,71	44,25
	Dez	415,05	316,52	245,88	175,96	89,71	44,25	173,95	173,95	173,95	275,84	275,84	275,84	415,05	316,52	245,88	175,96	89,71	44,25
	Jan	317,87	274,65	240,07	175,96	89,71	44,25	173,95	173,95	173,95	275,84	275,84	275,84	317,87	274,65	240,07	175,96	89,71	44,25
	Fev	257,59	257,59	257,59	175,96	89,71	44,25	173,95	173,95	173,95	275,84	275,84	275,84	257,59	257,59	257,59	175,96	89,71	44,25
	Mar	257,59	257,59	257,59	120,70	81,72	58,76	173,95	173,95	173,95	275,84	275,84	275,84	257,59	257,59	257,59	120,70	81,72	58,76
	Abr	257,59	257,59	257,59	58,76	58,76	58,76	173,95	173,95	173,95	275,84	275,84	275,84	257,59	257,59	257,59	58,76	58,76	58,76
	Mai	257,59	257,59	257,59	58,76	58,76	58,76	173,95	173,95	173,95	275,84	275,84	275,84	257,59	257,59	257,59	58,76	58,76	58,76
	Jun	257,59	257,59	257,59	58,76	58,76	58,76	173,95	173,95	173,95	275,84	275,84	275,84	257,59	257,59	257,59	58,76	58,76	58,76
	Jul	257,59	257,59	257,59	58,76	58,76	58,76	173,95	173,95	173,95	275,84	275,84	275,84	257,59	257,59	257,59	58,76	58,76	58,76
	Ago	257,59	257,59	257,59	58,76	58,76	58,76	173,95	173,95	173,95	275,84	275,84	275,84	257,59	257,59	257,59	58,76	58,76	58,76
	Set	257,59	257,59	257,59	58,76	58,76	58,76	173,95	173,95	173,95	275,84	275,84	275,84	257,59	257,59	257,59	58,76	58,76	58,76
2004-2005	Out	475,83	278,98	127,85	175,96	89,71	44,25	171,24	171,24	171,24	288,07	247,96	206,28	475,83	278,98	127,85	175,96	89,71	44,25
	Nov	377,02	220,28	110,84	175,96	89,71	44,25	171,24	171,24	171,24	189,26	189,26	189,26	377,02	220,28	110,84	175,96	89,71	44,25
	Dez	271,07	172,53	101,89	175,96	89,71	44,25	171,24	171,24	171,24	189,26	189,26	189,26	271,07	172,53	101,89	175,96	89,71	44,25
	Jan	147,12	103,90	69,32	175,96	89,71	44,25	171,24	171,24	171,24	189,26	189,26	189,26	147,12	103,90	69,32	175,96	89,71	44,25
	Fev	49,06	49,06	49,06	175,96	89,71	44,25	171,24	171,24	171,24	189,26	189,26	189,26	49,06	49,06	49,06	175,96	89,71	44,25
	Mar	49,06	49,06	49,06	112,79	73,80	50,84	171,24	171,24	171,24	189,26	189,26	189,26	49,06	49,06	49,06	112,79	73,80	50,84
	Abr	49,06	49,06	49,06	41,71	41,71	41,71	171,24	171,24	171,24	189,26	189,26	189,26	49,06	49,06	49,06	41,71	41,71	41,71
	Mai	49,06	49,06	49,06	41,71	41,71	41,71	171,24	171,24	171,24	189,26	189,26	189,26	49,06	49,06	49,06	41,71	41,71	41,71
	Jun	49,06	49,06	49,06	41,71	41,71	41,71	171,24	171,24	171,24	189,26	189,26	189,26	49,06	49,06	49,06	41,71	41,71	41,71
	Jul	49,06	49,06	49,06	41,71	41,71	41,71	171,24	171,24	171,24	189,26	189,26	189,26	49,06	49,06	49,06	41,71	41,71	41,71
	Ago	49,06	49,06	49,06	41,71	41,71	41,71	171,24	171,24	171,24	189,26	189,26	189,26	49,06	49,06	49,06	41,71	41,71	41,71
	Set	49,06	49,06	49,06	41,71	41,71	41,71	171,24	171,24	171,24	189,26	189,26	189,26	49,06	49,06	49,06	41,71	41,71	41,71
2005-2006	Out	475,83	278,98	127,85	175,96	89,71	44,25	142,59	142,59	142,59	259,42	219,31	177,63	475,83	278,98	127,85	175,96	89,71	44,25
	Nov	426,00	269,27	159,82	175,96	89,71	44,25	142,59	142,59	142,59	209,60	209,60	209,60	426,00	269,27	159,82	175,96	89,71	44,25
	Dez	348,88	250,34	179,70	175,96	89,71	44,25	142,59	142,59	142,59	209,60	209,60	209,60	348,88	250,34	179,70	175,96	89,71	44,25
	Jan	249,67	206,45	171,87	175,96	89,71	44,25	142,59	142,59	142,59	209,60	209,60	209,60	249,67	206,45	171,87	175,96	89,71	44,25
	Fev	183,00	183,00	183,00	175,96	89,71	44,25	142,59	142,59	142,59	209,60	209,60	209,60	183,00	183,00	183,00	175,96	89,71	44,25
	Mar	183,00	183,00	183,00	187,39	148,40	125,44	142,59	142,59	142,59	209,60	209,60	209,60	183,00	183,00	183,00	187,39	148,40	125,44
	Abr	183,00	183,00	183,00	139,72	139,72	139,72	142,59	142,59	142,59	209,60	209,60	209,60	183,00	183,00	183,00	139,72	139,72	139,72
	Mai	183,00	183,00	183,00	139,72	139,72	139,72	142,59	142,59	142,59	209,60	209,60	209,60	183,00	183,00	183,00	139,72	139,72	139,72
	Jun	183,00	183,00	183,00	139,72	139,72	139,72	142,59	142,59	142,59	209,60	209,60	209,60	183,00	183,00	183,00	139,72	139,72	139,72
	Jul	183,00	183,00	183,00	139,72	139,72	139,72	142,59	142,59	142,59	209,60	209,60	209,60	183,00	183,00	183,00	139,72	139,72	139,72
	Ago	183,00	183,00	183,00	139,72	139,72	139,72	142,59	142,59	142,59	209,60	209,60	209,60	183,00	183,00	183,00	139,72	139,72	139,72
	Set	183,00	183,00	183,00	139,72	139,72	139,72	142,59	142,59	142,59	209,60	209,60	209,60	183,00	183,00	183,00	139,72	139,72	139,72

UAG 3

Culturas		Cereais, leguminosas e forragens						Pastagens											
								Período de Outono-Inverno									Período de Primavera		
Indicador		P Nov-Fev (mm) - X1			P Mar-Abr (mm) - X2			P Set-Out (mm)			P Set-Nov (mm)			P Nov-Fev (mm)			P Mar-Abr (mm)		
Cenário		P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25	P 75	P 50	P 25
Ref (mm)		231,29	231,29	231,29	100,54	100,54	100,54	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	100,00	100,00	100,00	60,00	60,00	60,00
2003-2004	Out	397,19	231,29	114,76	144,42	100,54	39,76	154,67	154,67	154,67	256,20	215,65	192,00	397,19	231,29	114,76	144,42	100,54	39,76
	Nov	368,48	243,13	150,25	144,42	100,54	39,76	154,67	154,67	154,67	227,49	227,49	227,49	368,48	243,13	150,25	144,42	100,54	39,76
	Dez	338,65	252,18	187,66	144,42	100,54	39,76	154,67	154,67	154,67	227,49	227,49	227,49	338,65	252,18	187,66	144,42	100,54	39,76
	Jan	265,34	229,26	190,97	144,42	100,54	39,76	154,67	154,67	154,67	227,49	227,49	227,49	265,34	229,26	190,97	144,42	100,54	39,76
	Fev	223,49	223,49	223,49	144,42	100,54	39,76	154,67	154,67	154,67	227,49	227,49	227,49	223,49	223,49	223,49	144,42	100,54	39,76
	Mar	223,49	223,49	223,49	106,63	81,78	51,86	154,67	154,67	154,67	227,49	227,49	227,49	223,49	223,49	223,49	106,63	81,78	51,86
	Abr	223,49	223,49	223,49	49,80	49,80	49,80	154,67	154,67	154,67	227,49	227,49	227,49	223,49	223,49	223,49	49,80	49,80	49,80
	Mai	223,49	223,49	223,49	49,80	49,80	49,80	154,67	154,67	154,67	227,49	227,49	227,49	223,49	223,49	223,49	49,80	49,80	49,80
	Jun	223,49	223,49	223,49	49,80	49,80	49,80	154,67	154,67	154,67	227,49	227,49	227,49	223,49	223,49	223,49	49,80	49,80	49,80
	Jul	223,49	223,49	223,49	49,80	49,80	49,80	154,67	154,67	154,67	227,49	227,49	227,49	223,49	223,49	223,49	49,80	49,80	49,80
	Ago	223,49	223,49	223,49	49,80	49,80	49,80	154,67	154,67	154,67	227,49	227,49	227,49	223,49	223,49	223,49	49,80	49,80	49,80
	Set	223,49	223,49	223,49	49,80	49,80	49,80	154,67	154,67	154,67	227,49	227,49	227,49	223,49	223,49	223,49	49,80	49,80	49,80
2004-2005	Out	397,19	231,29	114,76	144,42	100,54	39,76	125,72	125,72	125,72	227,25	186,70	163,05	397,19	231,29	114,76	144,42	100,54	39,76
	Nov	312,61	187,26	94,38	144,42	100,54	39,76	125,72	125,72	125,72	142,67	142,67	142,67	312,61	187,26	94,38	144,42	100,54	39,76
	Dez	237,86	151,39	86,87	144,42	100,54	39,76	125,72	125,72	125,72	142,67	142,67	142,67	237,86	151,39	86,87	144,42	100,54	39,76
	Jan	134,49	98,41	60,12	144,42	100,54	39,76	125,72	125,72	125,72	142,67	142,67	142,67	134,49	98,41	60,12	144,42	100,54	39,76
	Fev	49,70	49,70	49,70	144,42	100,54	39,76	125,72	125,72	125,72	142,67	142,67	142,67	49,70	49,70	49,70	144,42	100,54	39,76
	Mar	49,70	49,70	49,70	96,72	71,87	41,95	125,72	125,72	125,72	142,67	142,67	142,67	49,70	49,70	49,70	96,72	71,87	41,95
	Abr	49,70	49,70	49,70	33,25	33,25	33,25	125,72	125,72	125,72	142,67	142,67	142,67	49,70	49,70	49,70	33,25	33,25	33,25
	Mai	49,70	49,70	49,70	33,25	33,25	33,25	125,72	125,72	125,72	142,67	142,67	142,67	49,70	49,70	49,70	33,25	33,25	33,25
	Jun	49,70	49,70	49,70	33,25	33,25	33,25	125,72	125,72	125,72	142,67	142,67	142,67	49,70	49,70	49,70	33,25	33,25	33,25
	Jul	49,70	49,70	49,70	33,25	33,25	33,25	125,72	125,72	125,72	142,67	142,67	142,67	49,70	49,70	49,70	33,25	33,25	33,25
	Ago	49,70	49,70	49,70	33,25	33,25	33,25	125,72	125,72	125,72	142,67	142,67	142,67	49,70	49,70	49,70	33,25	33,25	33,25
	Set	49,70	49,70	49,70	33,25	33,25	33,25	125,72	125,72	125,72	142,67	142,67	142,67	49,70	49,70	49,70	33,25	33,25	33,25
2005-2006	Out	397,19	231,29	114,76	144,42	100,54	39,76	125,52	125,52	125,52	227,05	186,50	162,85	397,19	231,29	114,76	144,42	100,54	39,76
	Nov	365,13	239,78	146,90	144,42	100,54	39,76	125,52	125,52	125,52	194,99	194,99	194,99	365,13	239,78	146,90	144,42	100,54	39,76
	Dez	319,01	232,54	168,02	144,42	100,54	39,76	125,52	125,52	125,52	194,99	194,99	194,99	319,01	232,54	168,02	144,42	100,54	39,76
	Jan	241,57	205,49	167,20	144,42	100,54	39,76	125,52	125,52	125,52	194,99	194,99	194,99	241,57	205,49	167,20	144,42	100,54	39,76
	Fev	185,98	185,98	185,98	144,42	100,54	39,76	125,52	125,52	125,52	194,99	194,99	194,99	185,98	185,98	185,98	144,42	100,54	39,76
	Mar	185,98	185,98	185,98	156,44	131,59	101,67	125,52	125,52	125,52	194,99	194,99	194,99	185,98	185,98	185,98	156,44	131,59	101,67
	Abr	185,98	185,98	185,98	115,82	115,82	115,82	125,52	125,52	125,52	194,99	194,99	194,99	185,98	185,98	185,98	115,82	115,82	115,82
	Mai	185,98	185,98	185,98	115,82	115,82	115,82	125,52	125,52	125,52	194,99	194,99	194,99	185,98	185,98	185,98	115,82	115,82	115,82
	Jun	185,98	185,98	185,98	115,82	115,82	115,82	125,52	125,52	125,52	194,99	194,99	194,99	185,98	185,98	185,98	115,82	115,82	115,82
	Jul	185,98	185,98	185,98	115,82	115,82	115,82	125,52	125,52	125,52	194,99	194,99	194,99	185,98	185,98	185,98	115,82	115,82	115,82
	Ago	185,98	185,98	185,98	115,82	115,82	115,82	125,52	125,52	125,52	194,99	194,99	194,99	185,98	185,98	185,98	115,82	115,82	115,82
	Set	185,98	185,98	185,98	115,82	115,82	115,82	125,52	125,52	125,52	194,99	194,99	194,99	185,98	185,98	185,98	115,82	115,82	115,82