

# **DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS DE REFERÊNCIA PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS SECAS**

**RITA LUZIA ABREU DA CUNHA**

Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil — Especialização em Hidráulica**

---

Orientador: Professor Doutor Rodrigo Jorge de Oliveira Maia

FEVEREIRO DE 2008

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A meus Pais, Irmão e Amigos.

*“A água também morre... quando seca”*

Raúl Machado



## **AGRADECIMENTOS**

Esta tese não representa apenas o culminar de um objectivo académico a que me propus. Não seria possível sem a ajuda e o apoio de um número considerável de pessoas, a quem deixo aqui o meu mais sincero agradecimento:

Ao Professor Rodrigo Maia agradeço a dedicação com que abraçou a orientação desta tese. Em especial a sua valiosa tolerância, correcção e compreensão perante os erros e as dificuldades.

Ao Professor Rui Rodrigues por ter aceite orientar o meu trabalho. Agradeço os conhecimentos e as sugestões que me transmitiu.

Ao Engenheiro Eduardo Vivas agradeço a disponibilidade e o apoio que me deu na superação dos mais diversos obstáculos que foram surgindo. Mas, acima de tudo, quero deixar um agradecimento especial à sua simpatia, prontidão e amizade.

Agradeço também a todos os meus colegas da Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente a ajuda, a motivação e a companheirismo que neles encontrei.

Aos meus pais, irmão e demais família por me inculcaram o valor do esforço e da realização pessoal e profissional, sem os quais teria sido muito mais difícil a realização deste trabalho.

Agradeço ainda aos meus amigos a ajuda e coragem que me deram para continuar, bem como a sua compreensão perante as minhas ausências.

Por último, deixo um agradecimento especial ao Paulo, ao seu incondicional apoio e paciência e confiança em mim depositada.

A todos eles e a todos quantos, anonimamente, contribuíram para este trabalho, muito obrigado!



## **RESUMO**

No presente projecto procura-se estabelecer um método de auxílio à previsão dos impactos de seca que permita, admitindo uma dada evolução da precipitação, identificar atempadamente níveis de intervenção (medidas) necessários a implementar na região estudada (parte portuguesa da bacia do Guadiana) face à severidade de seca esperada. Estes cenários concretamente traduzidos em valores limite da precipitação acumulada por diferentes classes de severidade de seca, podem funcionar como elementos auxiliares à detecção e prevenção de situações de seca, no apoio à decisão por parte de entidades gestoras de recursos hídricos.

Assim, numa primeira fase avaliam-se as principais especificidades da região, sendo que para a caracterização meteorológica, consideram-se os registos históricos de precipitação mensal ocorrida. Este conhecimento permite estabelecer uma relação entre a precipitação anual e o grau de severidade de seca, através do cálculo de índices de seca.

Seguidamente é estabelecida uma relação entre os diferentes graus de severidade de seca e os níveis de intervenção necessários a accionar segundo níveis de alerta. A cada nível de intervenção far-se-á corresponder várias medidas de prevenção e mitigação dos efeitos decorrentes da gravidade da seca verificada.

Numa fase seguinte é proposto um esquema de avaliação para alerta de secas para um qualquer ano hidrológico. A sua definição parte da análise da evolução da precipitação mensal acumulada em função da severidade de seca anual verificada, estabelecendo-se uma envolvente máxima da referida precipitação para cada classe. Às envolventes máximas definidas são correspondidos níveis de alerta em diferentes fases do ano hidrológico, que remetem para níveis de intervenção adequados à intensidade de seca esperada. Assim, num dado mês do ano hidrológico, e admitida uma evolução da precipitação mensal acumulada para o restante ano, é possível efectuar uma previsão dos níveis de intervenção a accionar.

É igualmente efectuada uma análise dos cenários criados, sendo ainda proposta uma adaptação do esquema geral de alerta para uma análise a dois anos, de modo a possibilitar um nível de prevenção mais adequado no semestre húmido seguinte a um ano de seca. Finalmente é efectuada uma comparação dos níveis de intervenção associados a cada nível de alerta a accionar, de acordo com o sugerido pelo esquema de alertas proposto, e os níveis de intervenção verificados na realidade (com base na análise das medidas accionadas na seca de 2004/05).

**PALAVRAS-CHAVE:** seca meteorológica, índices, cenários de referência, prevenção, níveis de alerta.



## **ABSTRACT**

This research work aims at establishing a method that could support the forecast of drought impacts and enable an early identification based on certain precipitation evolution of the more adequate level of measures to implement in the region under study (the Portuguese side of the Guadiana River basin) in order to respond to the severity of the expected drought. These reference scenarios, when translated into specific delimited values of accumulated rainfall according to different levels of drought intensity, can work as auxiliary instruments to the forecast and prevention of drought situations and help to trigger the necessary action from the water management authorities.

Thus, on a first phase, specific characteristics of the region were analysed, regarding that for the meteorological characterization, were used the existing monthly historic rainfall records. Such information allows then to establish a relationship between annual rainfall and drought's severity levels through the estimation of drought indices.

On a second phase it is established a relationship between the different levels of drought intensity and the levels of intervention which are necessary to be implemented according to the different alert levels. To each level of intervention corresponds a set of measures to respond to the expected impacts.

Later on, it is proposed a drought alert evaluation scheme for a certain hydrological year. This is done on the basis of the monthly cumulative rainfall evolution regarding respective drought's annual severity identified and rainfall's upper limit established for each level of drought severity. To such upper limits are corresponded drought alert levels in different time periods along the hydrological year, which, in turn, indicate the intervention levels adequate to the expected drought intensity. Thus, in a given month of the hydrologic year - on the basis of a forecast concerning the cumulative rainfall for the rest of the year - it is possible to devise which is the more adequate level of actions and measures to implement, if necessary.

Moreover, it is carried out an analysis of the reference scenarios that have been established and it is proposed an adaptation of the general alert system to a more conservative two year evaluation in order to ensure a better prevention approach during the raining season that follows a year of drought. Finally, the intervention levels associated to the different alert levels (derived from the alert system proposed in this work) are compared with the intervention levels that have been effectively implemented (through the evaluation of the measures and actions that were implemented during the drought of 2004/05).

**Key-Words:** meteorological drought; indices; reference scenarios; prevention; alert levels.



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	1
1.2. OBJECTIVOS .....	2
1.3. ESRUTURA DO TRABALHO .....	2
<b>2. CONCEITOS E DEFINIÇÕES DE SECA</b> .....	5
2.1. CONCEITO E DEFINIÇÃO DE SECA .....	5
2.2. SECA, ARIDEZ E ESCASSEZ DE ÁGUA TEMPORÁRIA .....	6
2.3. CAUSAS .....	6
2.4. DURAÇÃO DE UMA SECA .....	7
2.5. TIPOS DE SECA .....	8
2.5. IMPACTOS .....	10
2.7. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO .....	11
<b>3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA REGIÃO EM ESTUDO</b> .....	15
3.1. INTRODUÇÃO .....	15
3.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA .....	15
3.3. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA .....	17
3.3.1. PRECIPITAÇÃO .....	17
3.3.2. TEMPERATURA DO AR .....	19
3.3.3. INSOLAÇÃO .....	20
3.3.4. HUMIDADE RELATIVA DO AR .....	20
3.3.5. EVAPOTRANSPIRAÇÃO .....	20
3.4. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA .....	21
3.5. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA .....	21

<b>4. CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA DAS SECAS NA REGIÃO EM ESTUDO</b> .....	23
<b>4.1. INTRODUÇÃO</b> .....	23
<b>4.2. CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA DA SEVERIDADE DE SECA</b> .....	24
4.2.1. ÍNDICES DE SECA.....	28
4.2.1.1. Normal de precipitação (NP) .....	28
4.2.1.2. Decis .....	28
4.2.1.3. SPI (Standardized Precipitation Index).....	29
4.2.2. CLASSIFICAÇÃO DA SEVERIDADE DE SECA ADOPTADA PARA OS DIVERSOS ÍNDICES.....	32
4.2.2.1. Normal de precipitação (NP) .....	32
4.2.2.2. Decis .....	33
4.2.2.3. SPI (Standardized Precipitation Index).....	34
4.2.3. AVALIAÇÃO ANUAL DOS ÍNDICES DE SECA NP, DECIS E SPI.....	35
4.2.3.1. Normal de precipitação (NP) .....	36
4.2.3.2. Decis .....	38
4.2.3.3. SPI (Standardized Precipitation Index).....	41
4.2.4. CLASSIFICAÇÃO GLOBAL DA SEVERIDADE DE SECA.....	42
<b>4.3. CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE ALERTA DE SECA</b> .....	49
4.3.1. ATRIBUIÇÃO DE NÍVEIS DE ALERTA EM FUNÇÃO DO GRAU DE SEVERIDADE DE SECA.....	49
4.3.2. DEFINIÇÃO DE NÍVEIS DE INTERVENÇÃO DE SITUAÇÕES DE SECA .....	51
4.3.3. EXEMPLOS DE MEDIDAS A ADOPTAR (NÍVEIS DE INTERVENÇÃO).....	52
<b>5. CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS METEOROLÓGICOS DE REFERÊNCIA DE SITUAÇÕES DE SECA</b> .....	58
<b>5.1. INTRODUÇÃO</b> .....	58
<b>5.2. DEFINIÇÃO DA EVOLUÇÃO METEOROLÓGICA DA SECA EM FUNÇÃO DA SUA SEVERIDADE</b> .....	59
<b>5.3. ESQUEMA GERAL DE ALERTA DE SECAS</b> .....	68
5.3.1. DEFINIÇÃO DOS LIMITES DE ACTIVAÇÃO DOS NÍVEIS DE ALERTA.....	70
5.3.2. CARACTERIZAÇÃO DA EVOLUÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MENSAL ACUMULADA .....	74
5.3.3. ANÁLISE DAS SECAS PLURIANUAIS. ESQUEMA BIANUAL DE ALERTA DE SECAS .....	80
5.3.3.1. Esquema bianual de alerta de secas .....	81
5.3.3.2. Esquema 1 (Ano i-1 de seca moderada).....	83
5.3.3.3. Esquema 2 (Ano i-1 de seca severa) .....	85

5.3.3.4. Esquema 3 (Ano i-1 de seca extrema).....	88
5.3.3. 5. Avaliação das medidas e dos impactos das seca de 2004/05.....	95

<b>6. CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....</b>	<b>103</b>
---	------------

<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>105</b>
--------------------------	------------

<b>ANEXOS .....</b>	<b>107</b>
---------------------	------------

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Exemplo da determinação da duração de uma seca medida em relação ao volume armazenado numa albufeira.....	8
Fig. 2.2 – Esquematização do conceito de seca (adaptado do National Drought Mitigation Center, 2006).....	9
Fig. 2.3 - Dimensão da Seca Natural e Social (National Drought Mitigation Centre, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, USA).....	11
Fig. 3.1 - Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana (PBH rio Guadiana, 1999) .....	16
Fig. 3.2 - Principais Bacias Hidrográficas de Portugal Continental (PBH rio Guadiana, 1999) .....	16
Fig. 3.3 - Precipitação anual média em mm (PBH rio Guadiana, 1999) .....	18
Fig. 3.4 - Distribuição da precipitação média mensal na região em estudo.....	18
Fig. 3.5 – Precipitação média anual por região hidrográfica (Plano Nacional da Água, 2001).....	19
Fig. 3.6 - Temperatura do ar anual média em °C (PBH rio Guadiana, 1999) .....	19
Fig. 3.7 - Insolação anual média em h (PBH rio Guadiana, 1999).....	20
Fig. 3.8 - Humidade relativa do ar anual média em % (PBH rio Guadiana, 1999).....	20
Fig. 3.9 - Evapotranspiração de referência anual média em mm (PBH rio Guadiana, 1999).....	21
Fig. 3.10 - Rede Hidrográfica Principal da Bacia Hidrográfica do Guadiana (PBH rio Guadiana, 1999).....	22
Fig. 4.1 - Polígonos de Thiessen.....	26
Fig. 4.2 - Precipitação anual na bacia do Guadiana e correspondente valor médio. ....	27
Fig. 4.3 - Determinação do SPI através da transformação dos valores da precipitação, ajustados à função Gama, numa distribuição normal de valor médio zero e desvio padrão unitário. (Hughes et al, 2002).....	31
Fig. 4.4 - Distribuição normal do SPI com média igual a 0 e desvio padrão 1.....	31
Fig. 4.5 - Normal de Precipitação das precipitações anuais para os vários anos em estudo na zona da Bacia do Guadiana. ....	37
Fig. 4.6 - Precipitação anual da Bacia do Guadiana de 1967/68 a 2005/06 e representação dos vários Decis referentes às situações de seca (parte portuguesa).....	40
Fig. 4.7 - SPI-12 meses para a precipitação anual na zona da Bacia do Guadiana (parte portuguesa)..	42
Fig. 4.8 - Esquema para identificação da classificação global da severidade de seca. ....	43
Fig. 5.1 - Esquema do encadeamento do presente trabalho para implementação das medidas adequadas em situações de seca.....	49
Fig. 5.1 - Encadeamento proposto para desenvolvimento dos objectivos propostos no presente trabalho.....	59
Fig. 5.2 -- Precipitações mensais acumuladas dos vários anos (classificados de acordo com a severidade de seca obtida na avaliação anual dos índices).....	62

Fig. 5.3 -- Precipitações mensais acumuladas para os anos de seca extrema.....	63
Fig. 5.4 -- Precipitações mensais acumuladas para os anos de seca severa.....	64
Fig. 5.5 -- Precipitações mensais acumuladas para os anos de seca moderada.....	64
Fig. 5.6 -- Precipitações mensais acumuladas para os anos próximos do normal.....	65
Fig. 5.7 -- Precipitações mensais acumuladas para os anos húmidos.....	65
Fig. 5.8 -- Curvas das precipitações mensais acumuladas para os vários anos referidos no Quadro 5.2 e envolvente das máximas precipitações mensais acumuladas para as classes de seca (seca moderada, seca severa e seca extrema).....	67
Fig. 5.9 -- Envolvente máximas para as várias classes de severidade de seca (húmido, próximo do normal, seca moderada, seca severa e seca extrema) .....	67
Fig. 5.10 -- Análises preconizadas pelo INAG-DSRH no âmbito da monitorização de secas meteorológicas (Programa de Vigilância e Alerta de Secas, INAG) .....	69
Fig. 5.11 -- Análises sugeridas para elaboração do esquema geral de alerta de secas proposto. ....	70
Fig. 5.12 -- Esquema Geral de atribuição de níveis de alerta (base anual).....	72
Fig. 5.13 -- Percentis das precipitações mensais acumuladas para o período de Fevereiro a Setembro.....	76
Fig. 5.14 -- Percentis das precipitações mensais acumuladas para o período de Abril a Setembro. ..	77
Fig. 5.15 -- Exemplificação dos níveis de alerta esperados de accionar nos meses entre Fevereiro e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação considerados, caso em princípios de Fevereiro se verifique já um estado de pré-alerta (admitida uma precipitação acumulada em finais de Janeiro de 250 mm). ....	78
Fig. 5.16 -- Exemplificação dos níveis de alerta esperados de accionar nos meses entre Fevereiro e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação considerados, caso em princípios de Fevereiro se verifique já um estado de alerta (admitida uma precipitação acumulada em finais de Janeiro de 110 mm). ....	78
Fig. 5.17 -- Exemplificação dos níveis de alerta esperados de accionar nos meses entre Abril e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação considerados, caso em princípios de Abril se verifique já um estado de pré-alerta (admitida uma precipitação acumulada em finais de Março de 350 mm). ....	79
Fig. 5.18 -- Exemplificação dos níveis de alerta esperados de accionar nos meses entre Abril e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação considerados, caso em princípios de Abril se verifique já um estado de alerta (admitida uma precipitação acumulada em finais de Março de 250 mm). ....	79
Fig. 5.19 -- Exemplificação dos níveis de alerta esperados de accionar nos meses entre Abril e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação considerados, caso em princípios de Abril se verifique já um estado de emergência (admitida uma precipitação acumulada em finais de Março de 100 mm). ....	80
Fig. 5.20 -- Precipitações acumuladas em dois anos consecutivos de seca e envolventes máximas da precipitação mensal acumulada das seca moderada, severa e extrema.....	82

Fig. 5.21 – Níveis de alerta a accionar numa análise bianual para o caso de o ano anterior ser de seca moderada. Exemplo da seca de 1985/86 e 1986/87 .....	84
Fig. 5.22 – Esquema de atribuição de níveis de alerta para o segundo ano de seca (primeiro ano de seca severa). Adaptado do esquema geral de alerta de secas de um ano de seca .....	86
Fig. 5.23 – Níveis de alerta a accionar numa análise bianual para o caso de o ano anterior ser de seca severa. Exemplo da seca de 1991/92 e 1992/93 .....	87
Fig. 5.24 – Esquema de atribuição de níveis de alerta para o segundo ano de seca (primeiro ano de seca extrema). Adaptado do esquema geral de alerta de secas de um ano de seca .....	89
Fig. 5.25 – Níveis de alerta a accionar numa análise bianual para o caso de o ano anterior ser de seca extrema. Exemplo .....	90
Fig. 5.26 – Exemplificação dos níveis de alerta esperados a accionar nos meses entre Fevereiro e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação, para um estado de Pré-Alerta em finais de Janeiro (tomando como exemplo uma precipitação acumulada em finais de Janeiro é de 682,61 mm)	92
Fig. 5.27 – Exemplificação dos níveis de alerta esperados a accionar nos meses entre Fevereiro e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação, para um estado de Alerta em finais de Janeiro (tomando como exemplo uma precipitação acumulada em finais de Janeiro é de 557,57 mm) .....	93
Fig. 5.28 – Exemplificação dos níveis de alerta esperados a accionar nos meses entre Abril e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação, para um estado de Emergência em finais de Janeiro (tomando como exemplo uma precipitação acumulada em finais de Março é de 629,6 mm). 94	
Fig. 5.29 –Esquema bianual de atribuição de níveis de alerta que se pretende validar (seca moderada seguida de seca extrema – 2003/04 e 2004/05). Níveis de alerta a accionar numa análise bianual para os casos onde o ano anterior é de seca moderada. Esquema de níveis de alerta de secas da Fig. 5.21. ....	96



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 4.1 – Estações udométricas utilizadas no cálculo da precipitação ponderada da região em estudo e respectivo coeficiente de Thiessen (SNIRH, 2007).....	24
Quadro 4.2 – Parâmetros estatísticos representativos da precipitação anual ponderada para a região estudada.....	27
Quadro 4.3 – Classificação de intensidade de seca do NP adoptada pelo INAG .....	32
Quadro 4.4 – Classificação de intensidade de seca do NP adoptada no presente projecto .....	32
Quadro 4.5 – Classificação dos Decis quanto à precipitação, segundo Gibbs e Maher (1967) .....	33
Quadro 4.6 – Classificação dos decis quanto à severidade de seca, segundo Gibbs e Maher (1967) .....	33
Quadro 4.7 – Classificação da intensidade das secas segundo McKee <i>et al.</i> (1993).....	34
Quadro 4.8 – Classificação da intensidade das secas do SPI em Portugal (INAG).....	34
Quadro 4.9 – Intensidade de secas para o SPI e respectiva probabilidade de ocorrência adoptado pela Confederación Hidrográfica del Guadiana .....	35
Quadro 4.10 – Classificação da intensidade das secas considerada no presente projecto.....	35
Quadro 4.11 – Classificação da severidade de seca através da avaliação do NP-12 .....	36
Quadro 4.12 – Anos de seca moderada, severa e extrema encontrados pela análise do NP (%).....	37
Quadro 4.13 – Valores de precipitação referentes aos diferentes Decis (Decis-12 meses) .....	38
Quadro 4.14 – Classificação anual da severidade de seca através da avaliação dos Decis-12.....	39
Quadro 4.15 – Anos de seca moderada, severa e extrema encontrados pela análise dos Decis .....	40
Quadro 4.16 – Classificação da severidade de seca com base no cálculo do SPI-12 meses para a região em estudo.....	41
Quadro 4.17 – Anos de seca moderada, severa e extrema encontrados pela análise do SPI .....	42
Quadro 4.18 – Combinações possíveis das classes de severidade de seca dos três índices de seca NP, Decis e SPI para definição da Classificação Global da Severidade de Seca .....	44
Quadro 4.19 – Classificação da severidade de seca dos índices NP, Decis e SPI e classificação de severidade de seca global obtida para os vários anos de registo (1967/68 a 2005/06).....	44
Quadro 4.20 – Identificação da severidade de seca para os diferentes anos de seca e respectiva probabilidade de ocorrência do período de retorno (situações de seca da série de registos de 1967/68 a 2005/06).....	46
Quadro 4.21 – Classificação da severidade de seca dos índices (NP, Decis e SPI) e a intensidade de seca .....	47
Quadro 5.1 – Níveis de alerta e correspondente classificação de severidade de seca .....	51
Quadro 5.2 – Níveis de alerta e correspondentes níveis de intervenção .....	52
Quadro 5.1 – Precipitação Acumulada dos vários anos estudados para cada classe de severidade. 60	

Quadro 5.2 -- Anos considerados no traçado da envolvente das máximas precipitações acumuladas para cada classe de severidade.....	66
Quadro 5.3 -- Máximas precipitações mensais acumuladas para o traçado da envolvente máxima de cada classe de severidade de seca. ....	66
Quadro 5.4 -- Máxima precipitação mensal acumulada de referência para a atribuição de níveis de alerta.....	73
Quadro 5.5 -- Precipitações acumuladas em cada mês a partir de Fevereiro para diferentes percentis de precipitação (valor a somar à precipitação acumulada no final do mês de Janeiro). ....	75
Quadro 5.6 -- Precipitações acumuladas em cada mês a partir de Abril para os percentis de evolução da precipitação (valor a somar à precipitação acumulada no final do mês de Março).....	76
Quadro 5.7 -- Classificação da severidade de seca de dois anos consecutivos identificados entre 1967/68 e 2005/06. ....	81
Quadro 5.8 -- Medidas aprovadas na reunião da Subcomissão Regional da Zona Sul, do dia 3 de Fevereiro, e correspondente nível de intervenção.....	98

## SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

DQA – Directiva Quadro da Água
ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais
EUA – Estados Unidos da América
IM – Instituto de Meteorologia
INAG – Instituto Nacional da Água
NP – Percentagem da Normal Precipitação
NDMC – National Drought Mitigation Center
PBH – Plano de Bacia Hidrográfica
SE – Seca extrema
SM – Seca moderada
SPI – Standardized Precipitation Index
SS –Seca severa



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A seca é um fenómeno natural que pode assumir características extremas e que é originado essencialmente por uma afectação temporária das condições de precipitação. A seca distingue-se dos restantes fenómenos extremos por o seu desenvolvimento se processar de forma lenta e quase imperceptível, podendo atingir proporções mais significativas e lentas do que qualquer outro fenómeno extremo, como por exemplo as cheias. As secas podem ser responsáveis por prejuízos avultados em vários sectores da actividade humana, afectando vastas áreas durante um longo período de tempo.

Apesar de a seca ser um fenómeno mais frequente em certos climas, a maioria dos países profundamente afectados não está preparado para enfrentar e gerir situações de seca. Entretanto, uma crescente utilização dos recursos hídricos, tem provocado em muitas regiões do globo, um aumento da vulnerabilidade a episódios de seca graves e prolongados, resultando em impactos consideráveis. Assim, episódios de secas na Europa, reflectem a exposição dos países europeus a este fenómeno extremo natural, contribuindo para uma preocupação crescente por parte das comunidades científicas e das entidades responsáveis pelas políticas de gestão de recursos hídricos. A maior sensibilização para os problemas socioeconómicos, resultantes da falta de água e para a necessidade de se implementarem medidas para maior prevenção e preparação de situações de seca, proporcionou ao nível Europeu, a criação de um grupo de trabalho especificamente dedicado à avaliação destas questões que publicou o primeiro relatório “Water Scarcity and Droughts”, em Junho de 2007 (EU 2007. DG Environment, Directorate-General Environment of the European Commission) para avaliação da escassez e secas na Europa.

Em Portugal Continental, estudos efectuados (Pires, 2004) referem uma maior frequência e intensidade destes fenómenos nos últimos 20/30 anos com um aumento de situações extremas (nomeadamente nos meses de Fevereiro a Abril). A localização geográfica do território continental português, na orla mediterrânica, é favorável à ocorrência de episódios de seca, sendo agravada por uma variabilidade natural importante dos volumes de precipitação ao longo do ano hidrológico (variações entre semestres secos e húmidos) e entre diferentes anos (variações intra-anuais). Verifica-se também uma importante variabilidade na distribuição espacial dos volumes de precipitação, constatando-se que as bacias hidrográficas mais a sul apresentam menor pluviosidade (INAG, 2001).

Com o presente trabalho, que se enquadra no âmbito da finalização do Mestrado Integrado em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), opção de Hidráulica,

pretende-se definir cenários de referência para a avaliação de impactos de situações de seca, que sirvam de apoio ao processo de tomada de decisão por parte das entidades responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, assumindo por base dados meteorológicos e com vista à classificação da severidade de seca, nas diferentes fases de evolução do evento.

## **1.2. OBJECTIVOS**

O objectivo do projecto desenvolvido consiste então, na sistematização de cenários meteorológicos de referência para avaliação dos impactos de situações de seca nos diferentes sectores utilizadores de água. Com estes cenários pretende-se, admitida uma dada distribuição da precipitação para o ano hidrológico, definir níveis de intervenção e correspondentes medidas de mitigação dos potenciais impactos, de acordo com o grau de severidade expectável. Estes cenários poderão funcionar como auxiliares à detecção e prevenção de situações de seca. Assim, em função das características meteorológicas da região (análise da precipitação ocorrida na região), propõem-se um esquema de avaliação para alerta de secas para um qualquer ano hidrológico. A sua definição partirá da identificação da severidade de seca de uma série de anos através do cálculo de índices de seca meteorológicos e da análise da evolução da precipitação mensal acumulada em função da severidade de seca anual, permitindo estabelecer uma envolvente máxima da referida precipitação para cada classe. Às envolventes máximas definidas serão correspondidos níveis de alerta em diferentes fases do ano hidrológico, que por sua vez deverão remeter para níveis de intervenção adequados à intensidade de seca esperada. Assim, num dado mês do ano hidrológico, e admitindo uma evolução da precipitação mensal acumulada para o restante ano, será possível efectuar uma previsão dos níveis de intervenção a accionar.

O trabalho é aplicado ao caso de estudo da parte portuguesa da bacia do Guadiana, tendo por base uma avaliação de registos meteorológicos históricos, dados disponibilizados online em [www.snirh.pt](http://www.snirh.pt).

## **1.3. ESTRUTURAÇÃO DO PROJECTO**

O presente projecto encontra-se organizado em 7 capítulos. Neste primeiro capítulo foi já apresentada uma breve introdução dos objectivos que se pretendem atingir, sendo igualmente apresentados o âmbito e a estruturação do trabalho proposto.

No segundo capítulo é efectuada uma curta exposição dos principais conceitos e definições relativos às secas, nomeadamente no que se refere aos vários tipos de seca, à duração, às causas e aos impactos, bem como o enquadramento legislativo para o caso português.

No terceiro capítulo é efectuada uma breve caracterização da zona estudada, a parte portuguesa da Bacia Hidrográfica do rio Guadiana, referindo-se a caracterização física, morfológica e hidrográfica da região.

No capítulo quarto é efectuada a caracterização das secas na região em estudo, através do cálculo de índices de seca seleccionados de acordo com a disponibilidade de dados meteorológicos. Será através da classificação de severidade de seca dos vários anos (obtida no cálculo dos índices) que se identificará um comportamento evolutivo da precipitação ao longo de um ano hidrológico para cada classe de severidade de seca. Apresenta-se ainda a caracterização dos níveis de alerta com a finalidade de associar graus de severidade de seca a estes níveis, sendo igualmente apresentadas algumas medidas que podem ser aplicadas para prevenção e mitigação dos impactos em função dos níveis de intervenção previstos.

No capítulo quinto são caracterizados os cenários meteorológicos de referência para avaliação dos impactos das secas, onde serão definidas curvas representativas das máximas precipitações mensais acumuladas das várias classes de severidade, que permitirão a criação do esquema geral de alerta de seca proposto. Este esquema geral permitirá estimar os níveis de alerta esperados a serem accionados para um dado ano hidrológico, tanto no esquema de seca anual, como bianual.

Finalmente no último capítulo, capítulo sexto, referem-se as conclusões do projecto elaborado, as considerações finais e propõem-se desenvolvimentos futuros.



# 2

## CONCEITOS E DEFINIÇÕES DE SECA

### 2.1. CONCEITO E DEFINIÇÃO DE SECA

Seca é um fenómeno natural complexo, de carácter recorrente e não aleatório, de origem meteorológica e climatológica e que pode resultar num desastre natural (catástrofe natural). Este fenómeno que pode atingir contornos extremos distingue-se dos restantes desastres naturais por o seu desencadeamento se processar de um modo imperceptível, verificando-se geralmente uma progressão lenta, podendo a referida ocorrência arrastar-se por um período de tempo alargado, podendo as áreas afectadas atingir extensões de muito maiores proporções e a sua recuperação processar-se de um modo também mais lento.

A seca é entendida como uma condição física transitória caracterizada pela escassez de água, associada a períodos extremos de reduzida precipitação mais ou menos longos, com repercussões negativas significativas nos ecossistemas e nas actividades socioeconómicas, sendo difícil determinar com exactidão o seu início e fim, ou seja, quantificar a sua duração, podendo durar entre poucos meses a alguns anos.

No entanto a ausência prolongada de precipitação não determina obrigatoriamente a ocorrência de uma seca. Se a situação antecedente de humidade no solo for suficiente para não esgotar a capacidade de suporte dos ecossistemas agrícolas, ou se existirem medidas estruturais com capacidade de armazenamento superficial ou subterrâneo suficiente para colmatar as necessidades de água indispensáveis às actividades socioeconómicas, não se considera estar perante uma seca.

O conceito de seca, ausente de uma definição rigorosa e universal, é interpretado de modo diferente em regiões com características distintas, dependendo a sua definição da relação entre os sistemas naturais, sujeitos a flutuações climáticas (aquíferos, rios...), e os sistemas construídos pelo homem (albufeiras, reservatórios...), com exigências e vulnerabilidades próprias da região (necessidades dos vários sectores utilizadores da água).

Assim, muito resumidamente refere-se que as secas diferem umas das outras em três características essenciais: magnitude, duração e caracterização espacial.

A **magnitude** refere-se ao grau de défice de precipitação (quantidade de chuva que não ocorre) e/ou ao grau de severidade dos vários impactos provocados por essa ausência de chuva. Este défice é

normalmente medido pela variação de alguns parâmetros climáticos (tal como a precipitação), indicadores (disponibilidades hídricas) ou índices (SPI, PDSI,...) em relação ao seu valor médio.

Um outro elemento caracterizador da seca é a sua **duração**. As secas requerem normalmente alguns meses para serem estabelecidas como tal, podendo mesmo prolongar-se ao longo de vários meses e anos. A magnitude dos impactos das secas está intimamente relacionada com o início da ausência de precipitação, a sua intensidade e a duração do evento.

As secas variam igualmente em termos das suas **características espaciais**. As áreas afectadas pela severidade da seca desenvolvem-se progressivamente a nível espacial e as regiões com uma máxima intensidade de seca variam, de um modo geral, de época para época.

## 2.2. SECA, ARIDEZ E ESCASSEZ DE ÁGUA TEMPORÁRIA

A seca pode definir-se como uma anomalia temporária das disponibilidades hídricas e deve ser apresentada de forma distinta de aridez e de escassez de água temporária.

Assim, a aridez é característica de zonas de reduzida pluviosidade, sendo esta restrição hidrológica uma característica permanente típica da região em causa.

A escassez de água temporária deve-se ao facto de os recursos hídricos disponíveis na Natureza não serem suficientes para satisfazer as exigentes necessidades humanas existentes. Deste modo, as necessidades resultantes da actividade humana de uma dada região, actividades tais como a produção de energia, indústria, agricultura ou abastecimento público de água excedem a disponibilidade dos recursos hídricos existentes.

## 2.3. CAUSAS

O principal factor para a ocorrência de seca é a ausência de precipitação ou constatação de um défice dos volumes de precipitação face aos valores ditos normais. Elevadas temperaturas do ar e elevados níveis de evapotranspiração contribuem para um agravamento da severidade e duração de uma situação de seca.

A seca está igualmente relacionada com a época em que ocorre, sendo que o impacto e severidade da seca dependem de parâmetros tais como a intensidade de precipitação, a frequência de precipitação, a sua duração ou a chegada tardia da época chuvosa.

Outros factores climáticos naturais tais como a elevada velocidade do vento e reduzida humidade do ar (com conseqüente diminuição da pressão atmosférica) estão normalmente associados a situação de seca em várias regiões do globo terrestre, podendo agravar significativamente a sua severidade.

Assim, importa referir que algumas das **causas naturais** para a ocorrência da deficiência das condições de precipitação e conseqüentemente da ocorrência de seca, são: a ausência de perturbações causadoras de pluviosidade, reflectindo a ausência da movimentação organizada de determinadas perturbações atmosféricas que provocam a subida da humidade do ar, fomentando a condensação e conseqüentemente a ocorrência de chuva); a ausência de afluxos de humidade, onde para além das perturbações que provocam a subida das camadas atmosféricas é essencial que estas contenham humidade. Outra causa natural da seca é precisamente a existência de altas pressões numa dada região. Nesta região o movimento das massas de ar é predominantemente descendente (subsidiência) resultando num aquecimento do ar por aumento da pressão sob o solo. Este movimento descendente

suprime os movimentos ascendentes necessários à formação de nuvens e precipitação, resultando igualmente numa reduzida humidade relativa.

As secas podem resultar da ocorrência de um ou de vários destes factores naturais, e os seus efeitos podem ainda ser agravados significativamente por influência antrópica. Estes **factores antrópicos**, como o elevado crescimento populacional, com conseqüente aumento das necessidades; o aumento da ocupação do solo, com conseqüente degradação e conversão do uso do solo, provocando uma diminuição dos volumes disponíveis; a degradação da qualidade da água com redução dos volumes disponíveis para as diversas utilizações; um aumento da procura da água, juntamente com uma má gestão da procura da mesma; a inexistência e/ou fraca existência de uma legislação que permita uma boa gestão dos recursos hídricos e ainda o uso não coordenado das águas internacionais por parte dos países mais a montante (no caso de Portugal as bacias hidrográficas são partilhadas com Espanha). Todos estes factores resultam numa maior utilização da água ou uma redução da disponibilidade dos recursos hídricos agravando a severidade dos efeitos de uma situação de seca.

#### **2.4. DURAÇÃO DE UMA SECA**

A duração de uma seca corresponde ao intervalo de tempo que a variável caracterizadora do fenómeno de seca (precipitação, escoamento, humidade do solo, água armazenada nas albufeiras, entre outras) se encontra em défice relativamente a um nível de referência (limiar da seca). Ou seja, corresponde ao intervalo de tempo em que os problemas de défice de água são críticos para determinados fins.

Um sistema de recursos hídricos só recupera de uma situação de escassez de água quando uma fracção do défice total é compensada por um excedente, estimado em relação ao nível de recuperação (limiar da seca).

Para definir a duração de uma seca deve no entanto atender-se ao factor de resiliência, que traduz uma medida do tempo de recuperação de um sistema desde o seu colapso (durante a crise), até um estado de operacionalidade satisfatório. Os volumes de armazenamento de uma albufeira, por exemplo, são bons indicadores do conceito de resiliência, podendo considerar-se o estado de armazenamento da albufeira recuperado quando esta atinge o nível médio anual, e não apenas quando foi ultrapassado o nível mínimo definido como o limiar da seca.

Refere-se ainda que a duração de uma seca está intimamente relacionada com a severidade dos seus efeitos e a frequência destes acontecimentos, sendo que os impactos acumulados resultantes de períodos cíclicos de seca afectam significativamente a componente socioeconómico da região, podendo promover uma redução progressiva da produtividade agrícola, da actividade industrial, de energia hidroeléctrica e do próprio bem-estar das populações.

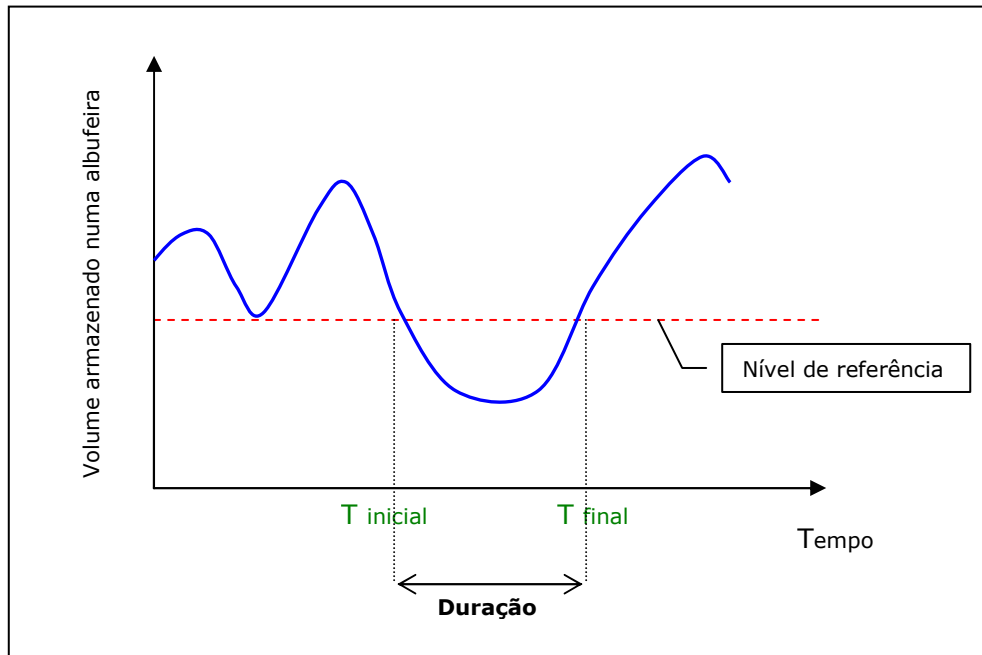


Fig. 1.1 Exemplo da determinação da duração de uma seca medida em relação ao volume armazenado numa albufeira

## 2.5. TIPOS DE SECA

As secas podem ser geradas por diversos fenómenos climatológicos, com consequências nefastas a vários níveis, sendo que o conceito de seca depende do ponto de vista do utilizador da água. De acordo com os diferentes tipos de impactos provocados pelas secas nos vários sectores utilizadores, foram definidas tipologias “teóricas” de seca. Assim, de uma forma geral a seca pode ser considerada como sendo de quatro tipos: meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconómica. Estes tipos de seca, correspondem na verdade, a diferentes níveis do mesmo fenómeno natural. O défice de precipitação inicia uma seca e a continuidade dessa ausência de água tem implicações sobre os vários sistemas e sectores, que justificam esses diferentes tipos.

**Seca Meteorológica**, resulta directamente do défice prolongado das condições de precipitação numa dada região, ou seja, resulta da diminuição das condições de precipitação registadas nesse período face à precipitação média para o período em causa. A seca meteorológica está na base dos restantes tipos de seca e é definida com base no grau e duração desse período de seca. Considera-se que a existência de condições estáveis com longos períodos sem chuva, alta temperatura, insolação e ar muito seco são os sinais mais importantes para a seca meteorológica. A definição da seca meteorológica depende da região onde ocorre, uma vez que as condições atmosféricas que resultam em deficiências de precipitação podem diferir consideravelmente de região para região.

**Seca Agrícola**, ocorre quando o défice de precipitação conduz a uma redução significativa da disponibilidade de água no solo, provocando um stress hídrico nas plantas e consequente uma redução da biomassa e produção agrícola. A seca agrícola desenvolve-se como uma consequência da seca meteorológica, porque como as condições meteorológicas permitem uma mais elevada evaporação da água, verifica-se uma diminuição do teor de água no solo.

**Seca Hidrológica**, também consequência da seca meteorológica, ocorre quando se verificam implicações no sistema hidrológico, nomeadamente na redução de água nos talwegues, diminuição do

caudal, seja subterrâneo ou superficial, com uma conseqüente redução da água disponível. Este tipo de seca está normalmente desfasado da seca meteorológica, dado que é necessário um maior período de tempo para que as deficiências na precipitação se manifestem nos diversos componentes do sistema hidrológico. Apesar de o clima ser o principal responsável pela seca hidrológica, este tipo de seca pode ser afectado pelas várias actividades e alterações praticadas no uso dos solos, nomeadamente desflorestação, práticas agrícolas inadequadas, degradação do solo e construção de barragens e conseqüente criação de albufeiras onde não sejam assegurados caudais mínimos para jusante.

**Seca Socioeconómica**, ocorre quando as reservas de água disponível não são suficientes para satisfazer as necessidades humanas. O incremento da utilização da água por parte das mais diversas actividades humanas devido, em grande parte, ao aumento populacional, resulta num maior consumo *per capita*, provocando assim uma maior pressão sobre os recursos hídricos. A ocorrência de uma situação de seca em locais onde existe já uma elevada pressão sobre os recursos hídricos poderá conduzir a graves conseqüências económicas.

O esquema da Fig. 2.2 representa o conceito e os vários tipos de seca.

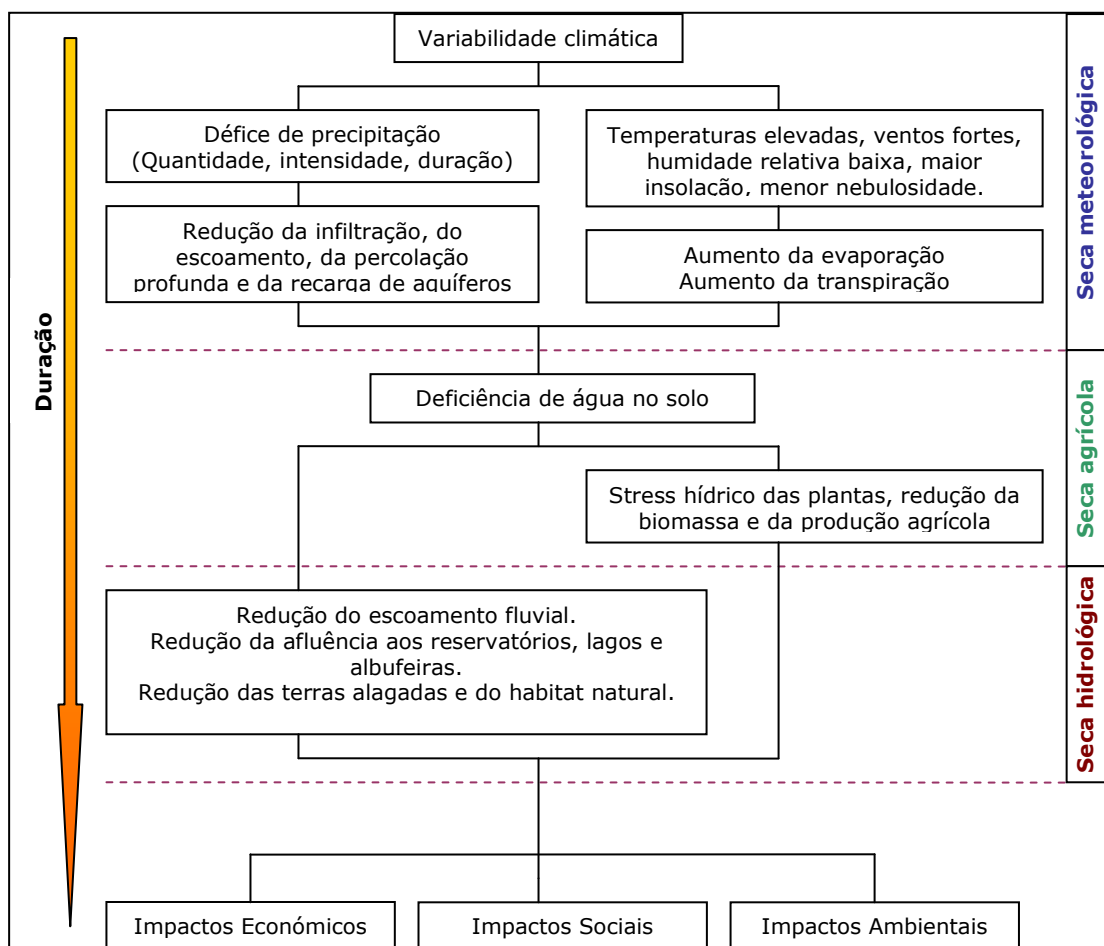


Fig.2.2 - Esquematisação do conceito de seca. (Adaptado de National Drought Mitigation Center, 2006)

A Figura 2.1 apresenta e caracteriza de acordo com o NDMC (2006) os vários tipos de seca traduzindo igualmente, de forma esquemática, os impactos decorrentes de uma seca hidrológica, nomeadamente

impactos económicos, sociais e ambientais. Esta fase poderia designar-se por seca socioeconómica. Assim, o esquema da Figura 2.2 ficaria mais completo se aos vários impactos se associasse mais um tipo de seca (atrás referido), a seca socioeconómica.

## 2.5. IMPACTOS

Os períodos de seca têm resultado em impactos significativos em vários sectores distinguindo-se impactos directos e indirectos. Assim, de modo geral verificam-se os **impactos directos** como a deficiente disponibilidade de água para o abastecimento urbano, os prejuízos na agricultura, as actividades industriais, na produção de energia eléctrica, nas restrições ao transporte e navegação e actividades recreativas dos rios, e, ainda consequências adversas para o meio ambiente, nomeadamente através da diminuição dos volumes diluidores da poluição e assim redução da qualidade da água no meio hídrico receptor, (insuficientes à sobrevivência dos ecossistemas naturais). Como **impactos indirectos** verificam-se o êxodo populacional (por vezes desertificação em situações mais graves e prolongadas de seca), o aumento da concentração de substâncias poluidoras nos meios hídricos e consequente degradação da qualidade da água ou os problemas fitossanitários. Mau grado os incêndios florestais ocorrem com maior intensidade no semestre seco, a relação destes com os períodos secos não é ainda clara.

Qualquer um dos impactos (directos e indirectos) das secas podem ainda distinguir-se como sendo do tipo: económico; social e ambiental. O tipo de impacto resulta da combinação da reduzida precipitação com as elevadas e exigentes necessidades humanas.

Os **impactos económicos** verificam-se ao nível da agricultura, do abastecimento público de água, do turismo, da indústria, da produção de energia e também ao nível dos transportes e navegação.

Os **impactos sociais** podem resultar em implicações na saúde pública, na segurança ou na falta de emprego induzindo as populações à migração. Este tipo de impacto pode até estar associado ao êxodo para outras regiões, pela dificuldade de subsistência das populações devido a situações de seca com uma periodicidade relativamente regular.

Os **impactos ambientais** prendem-se essencialmente com a redução da biodiversidade, a redução da água existente no subsolo, nomeadamente nos aquíferos, cujos níveis de água, sendo diminuídos, permitem a intrusão da água salgada (quando os aquíferos estão situados em zonas costeiras), verificando-se também uma redução das zonas húmidas (principal responsável pelo desaparecimento de alguns ecossistemas). As secas têm ainda implicações ao nível da água superficial, que tendo os volumes reduzidos, levam a uma maior concentração de poluentes na água, deteriorando a qualidade da mesma.

### Sequência dos Impactos das Secas

É importante referir que os vários tipos de seca não ocorrem todos ao mesmo tempo e que os impactos nos diferentes sectores são igualmente desfasados no tempo. Quando se inicia uma seca, o sector agrícola é normalmente o primeiro a ser afectado pois é este o sector que mais depende da água existente no solo, em especial a agricultura de sequeiro. No caso do défice de precipitação persistir, constata-se uma redução do escoamento fluvial, da afluência para reservatórios, lagos e barragens, ocorrendo ainda uma redução das áreas naturalmente alagadas (seca hidrológica). Os utilizadores que dependam destas fontes de água começam a sentir os efeitos da sua ausência, sendo que as actividades que mais dependem directamente da água superficial e subterrânea armazenada são normalmente as

últimas a ser afectadas por uma situação de seca (seca socioeconómica). A Fig. 2.3 representa a sequência dos vários tipos de seca ao longo do tempo.

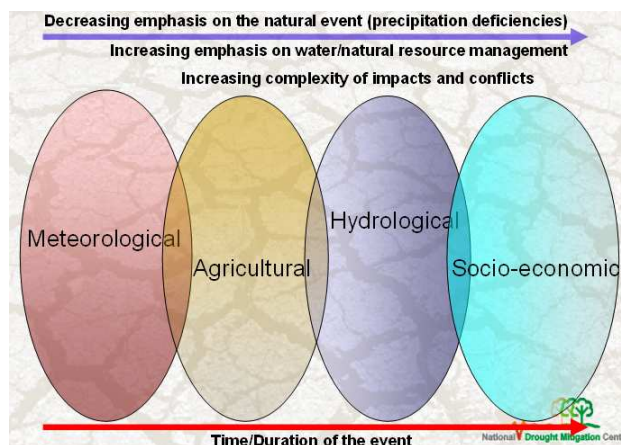


Fig.2.3. – Dimensão da Seca Natural e Social (Fonte: National Drought Mitigation Centre, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, USA.)

A análise da Figura anterior reflecte que com a crescente duração do fenómeno de seca, a complexidade dos impactos e conflitos gerados pela situação de seca verificada numa dada região aumenta progressivamente. Curiosamente, com a persistência do fenómeno de seca ao longo do tempo, a disponibilidade de água para as várias necessidades toma uma importância acrescida face ao défice de precipitação verificado. O esquema de alertas de seca a criar no presente projecto refere-se apenas à seca meteorológica (resultado directo do défice prolongado das condições de precipitação), sendo que as medidas a accionar em cada nível de alerta são em função do défice de precipitação verificado e não de outras variáveis.

## 2.7. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO

Não existe a nível europeu uma legislação específica para as situações de seca podendo o sistema de planeamento e gestão de situações de seca para fazer face a este fenómeno, apresentar-se imaturo e pouco visível. Em Portugal a gestão das secas enquadra-se na legislação relativa à gestão dos recursos hídricos, através da Lei da Água (nº58/2005 de 29 Dezembro), transposta da Directiva Quadro da Água (DQA) ou Directiva 2000/60/CE. A DQA referia que um dos seus objectivos era precisamente “contribuir para a mitigação dos efeitos das secas”, apenas alcançado indirectamente através do cumprimento dos seguintes objectivos:

- ✓ Prevenção da degradação e melhoria da qualidade das águas (com aumento dos recursos hídricos disponíveis e reduzindo as consequências ambientais das situações de escassez);
- ✓ Promoção da utilização criteriosa das águas (considerando custos de escassez);

Os objectivos estabelecidos na DQA para desenvolvimento de medidas integradas de protecção e melhoria do estado da água (DQA, Artigo 1º) com implicações na gestão das situações de seca referem que se:

*“ a) Evite a continuação da degradação e proteja e melhore o estado dos ecossistemas aquáticos, e também dos ecossistemas terrestres e zonas húmidas directamente dependentes dos ecossistemas aquáticos, no que respeita às suas necessidades em água;*

*b) Promova um consumo de água sustentável, baseado numa protecção a longo prazo dos recursos hídricos disponíveis;*

*c) Vise uma protecção reforçada e um melhoramento do ambiente aquático, nomeadamente através de medidas específicas para a redução gradual das descargas, das emissões e perdas de substâncias prioritárias e da cessação ou eliminação por fases de descargas, emissões e perdas dessas substâncias prioritárias;*

*d) Assegure a redução gradual da poluição das águas subterrâneas e evite a agravação da sua poluição; e*

*e) Contribua para mitigar os efeitos das inundações e secas, contribuindo, dessa forma, para:*

- o fornecimento em quantidade suficiente de água superficial e subterrânea de boa qualidade, conforme necessário para uma utilização sustentável, equilibrada e equitativa da água,*
- reduzir significativamente a poluição das águas subterrâneas,*
- a protecção das águas marinhas e territoriais,*
- o cumprimento dos objectivos dos acordos internacionais pertinentes, incluindo os que se destinam à prevenção e eliminação da poluição no ambiente marinho através de acções comunitárias nos termos do n.º 3 do artigo 15.º, para cessar ou eliminar faseadamente as descargas, emissões e perdas de substâncias perigosas prioritárias, com o objectivo último de reduzir as concentrações no ambiente marinho para valores próximos dos de fundo para as substâncias naturalmente presentes e próximos de zero para as substâncias sintéticas antropogénicas.”*

No seguimento da DQA, a nova legislação portuguesa sobre os recursos hídricos, a Lei da Água (n.º 58/2005 de 29 Dezembro) refere a sua preocupação com os efeitos das secas (artigo 1º), definindo competências da Autoridade Nacional para assegurar a gestão das águas e garantir a execução dos objectivos da presente lei (artigo 8º):

“...

*o) 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;*

*p) Promover o uso eficiente da água através da implementação de um programa de medidas preventivas aplicáveis em situação normal e medidas imperativas aplicáveis em situação de secas;”*

Refere-se igualmente na Lei da Água um conjunto de medidas de protecção contra as secas (artigo 41º) fomentando a protecção e valorização dos recursos hídricos:

*“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 em situação de seca devem contemplar, designadamente, 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 da água para o abastecimento público e, em seguida, para as actividades vitais dos sectores agro-pecuário e industrial.”*

Os países europeus mais fustigados por fenómenos de seca, nomeadamente Portugal, têm no entanto efectuado um esforço para sensibilizar os organismos da União Europeia para promoverem uma directiva específica para as secas. A temática das secas tem vindo a merecer uma crescente sensibilização por parte das entidades políticas europeias. Nessa linha, a Comissão Europeia efectuou uma avaliação sobre Escassez de Água e Seca (EAS), cujo conteúdo foi apresentado no Conselho Informal de Ministros do Ambiente decorrido em Lisboa a 1 de Setembro de 2007. As principais conclusões deste Conselho Informal de Ministros do Ambiente e da Direcção Geral do Ambiente da Comissão Europeia, prendem-se com a necessidade de se efectuar um maior esforço por parte dos Estados Membros na aquisição de dados que permitam caracterizar e quantificar os vários impactos das secas e escassez de água. Considera-se ainda de extrema importância o desenvolvimento de indicadores de seca a nível europeu para que seja possível quantificar e comparar a severidade dos fenómenos de seca entre os diversos países europeus. Refere-se ainda a importância da quantificação dos impactos económicos, sociais e ambientais decorrentes da escassez de água ou secas.

No Conselho Informal de Ministros do Ambiente foi definida a criação de um sistema de informação de secas a nível europeu (criação de um Observatório Europeu da Seca) que deverá constituir uma plataforma para a recolha de dados e para actividades de investigação, e contribuir para uma larga troca de experiências" (na UE) sobre prevenção e resposta a situações de seca. Espera-se que este Observatório garanta uma melhor gestão e coordenação integrada entre os vários países europeus, assim como uma melhor coordenação dos meios necessários para mitigação dos impactos decorrentes da escassez de água ou ausência prolongada de precipitação.



# 3

## CARACTERIZAÇÃO GERAL DA REGIÃO EM ESTUDO

### 3.1. INTRODUÇÃO

A zona em estudo para concretização dos objectivos propostos é a parte portuguesa da Bacia Hidrográfica do rio Guadiana e compreende duas zonas administrativas distintas, o Alentejo e o Algarve.

Neste capítulo apresenta-se a caracterização física sendo, numa fase posterior do presente capítulo, igualmente apresentada a caracterização climática, morfológica e hidrográfica da referida zona. A caracterização meteorológica da bacia hidrográfica do Guadiana é desenvolvida com maior pormenor, nomeadamente no que refere às situações de seca, no Capítulo 4, pois esta bacia, a mais a sul das cinco maiores bacias dos rios transfronteiriços com Espanha, apresenta-se sujeita a estes fenómenos com alguma frequência. O INAG refere que a incidência dos fenómenos de seca ocorre geralmente de forma mais significativa nas regiões no sul ocorrem do Interior Norte e Centro e no Sul do País (Plano Nacional da Água, 2001), caso da parte portuguesa da bacia hidrográfica do Guadiana. O mesmo é referido para a parte da vizinha Espanha no Plan Especial de Sequía de la Cuenca del Guadiana, que refere que a bacia (parte espanhola) sofre periodicamente dos efeitos das secas (Plan Especial de Sequía de la Cuenca del Guadiana , 2007).

### 3.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

O rio Guadiana nasce nas lagoas de Ruidera em Espanha, a 1700 m de altitude e percorre 810 km até à foz na baía de Cádiz entre Vila Real de St. António e Ayamonte.

A bacia hidrográfica do rio Guadiana abrange uma superfície total de 66 800 km<sup>2</sup>, dos quais 55 203 (83%) em Espanha e 11 597 (17%) em Portugal, tratando-se da quarta maior bacia da Península Ibérica depois das bacias do Douro, Ebro e Tejo. A sua localização espacial encontra-se representada nas Figuras 3.1 (na Península Ibérica) e 3.2 (parte portuguesa da bacia).

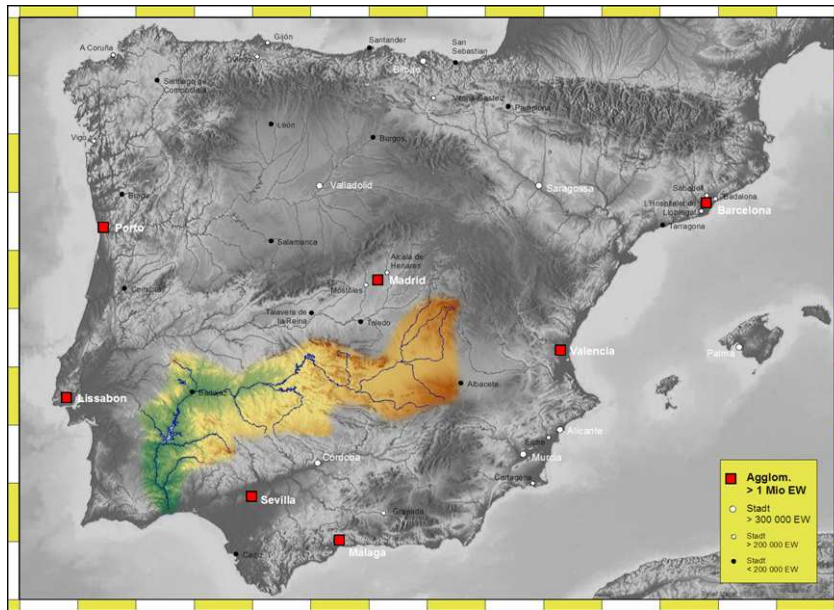


Fig.3.1 – Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana (Fonte: <http://es.wikipedia.org/wiki/Guadiana>)

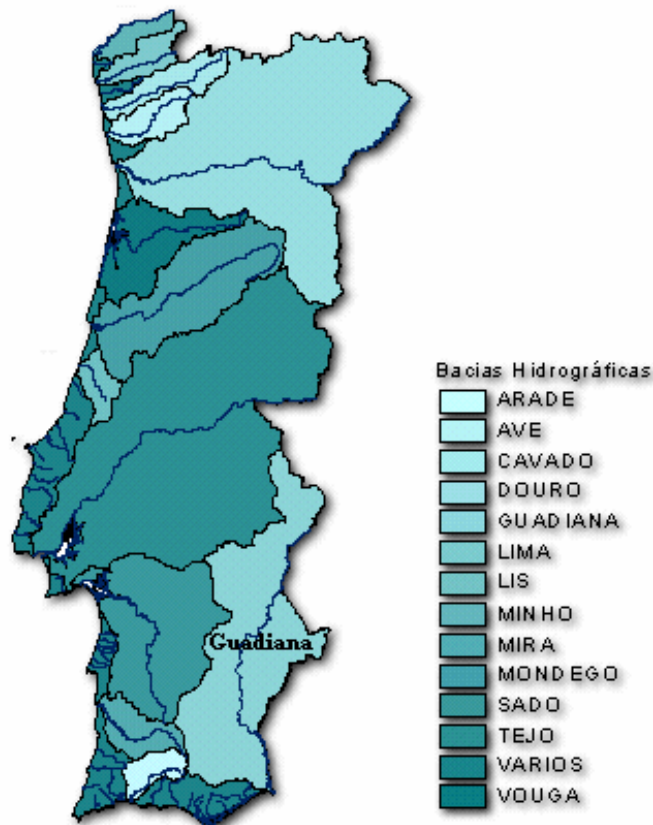


Fig.3.2 – Principais Bacias Hidrográficas de Portugal Continental (Fonte: <http://www.ambiente.pt/atlas/est/index.jsp?zona=continente>)

De acordo com as mesmas figuras pode constatar-se que a parte portuguesa da bacia do Guadiana encontra-se delimitada a Norte pela Bacia do rio Tejo, a Sul pelo Oceano Atlântico, a Este pela fronteira com Espanha e a Oeste pelas bacias dos rios Tejo, Sado, Mira e Arade.

A área portuguesa estende-se, no sentido de Norte para Sul, ao longo de 242 km desde Portalegre à foz do Guadiana em Vila Real de Santo António e estende-se no sentido Este-Oeste, ao longo de 89 km (zona de maior largura, de Barrancos a Cuba. Em Portugal o rio apresenta uma extensão de cerca 260 km.

### **3.2. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA**

Sob o ponto de vista climático, a bacia hidrográfica do Guadiana (na totalidade) é globalmente homogénea, de características mediterrânicas secas, com Verões quentes, alta insolação e evaporação elevada. A sua característica principal é a existência de uma estação seca bem definida com oscilações térmicas bem definidas (Plan Especial de Sequía de la Cuenca del Guadiana, 2007).

Importa referir que é fundamental ter presente que reduzidos volumes de precipitação, um elevada evapotranspiração, temperatura, insolação e humidade do ar são características importantes na caracterização de uma região permitindo igualmente compreender a sua susceptibilidade a fenómenos de seca. Assim, apresentam-se os vários parâmetros climáticos que permitem caracterizar a região.

#### **3.2.1. PRECIPITAÇÃO**

A precipitação média anual ponderada sobre a bacia hidrográfica do Guadiana (parte portuguesa e espanhola) é de 550 mm (561 mm em Portugal e 540 mm em Espanha). Em Portugal a precipitação anual varia entre um mínimo de 450 mm na zona de Mértola e Moura e um máximo ligeiramente superior a 1000 mm nas cabeceiras do Ardila, de Odeleite e do Caia (Fig. 3.3). No entanto, de uma forma geral, a distribuição da precipitação anual média é bastante uniforme, estando normalmente compreendida entre 500 e 600 mm.

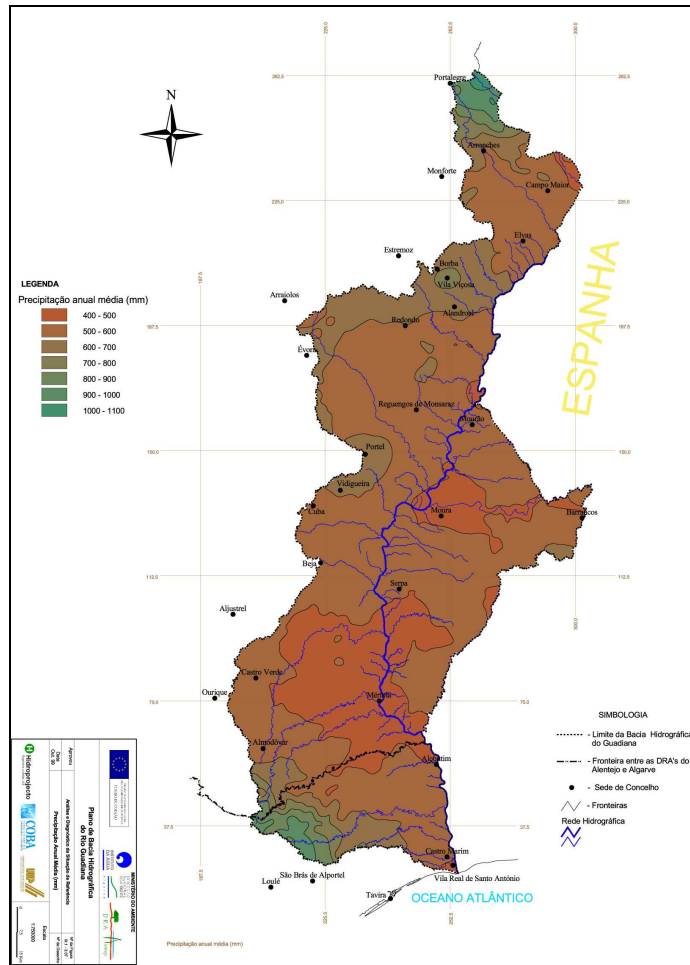


Fig.3.3 - Precipitação anual média em mm (Fonte: PBH rio Guadiana, 1999)

No que se refere à distribuição mensal da precipitação, toda a bacia é afectada por um período de Verão carente em pluviosidade. Em média 74% do total anual da precipitação ocorre no período Outubro a Março (correspondente ao semestre húmido), sendo os meses de Novembro, Dezembro e Janeiro os meses mais chuvosos. Nos meses de Julho e Agosto a precipitação é praticamente nula (Fig. 3.4).

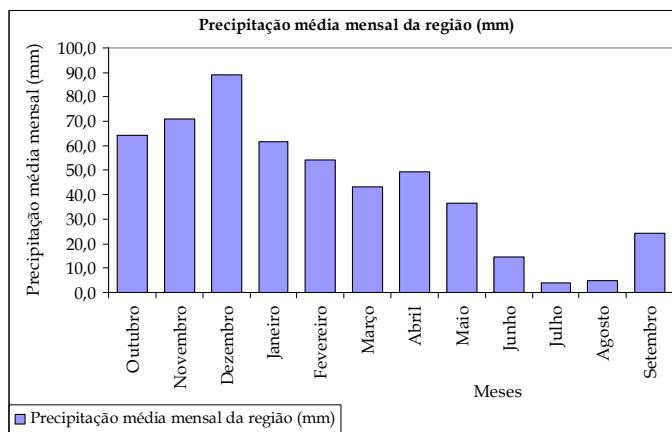


Fig.3.4 – Distribuição da precipitação média mensal na região em estudo

Refere-se ainda que a região da bacia do Guadiana apresenta, face ao restante país, uma menor disponibilidade do regime de precipitação, que pode ser verificada pela observação da Fig. 3.5.

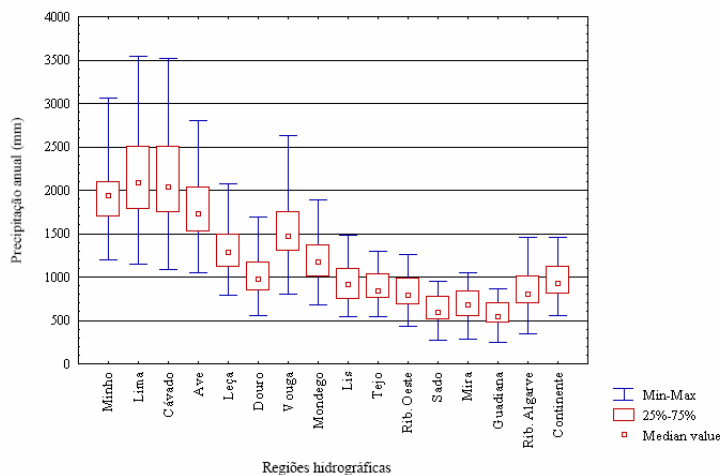


Fig. 3.5 – Precipitação Média Anual por região hidrográfica (Fonte: Plano Nacional da Água, 2001)

### 3.2.2. TEMPERATURA DO AR

A temperatura média anual é, em praticamente toda a bacia, próxima dos 16°C (Fig. 3.6). Nos meses mais quentes (Julho/Agosto), a temperatura média do ar varia entre 24°C junto ao mar (Vila Real de Santo António), 26°C na zona fronteiriça e 28°C em Ciudad Real (na zona montante do rio Guadiana). No mês mais frio (Janeiro), a temperatura média do ar ronda 9°C na bacia, verificando-se junto do mar 11°C e 8,5°C na zona de Portalegre e Elvas.

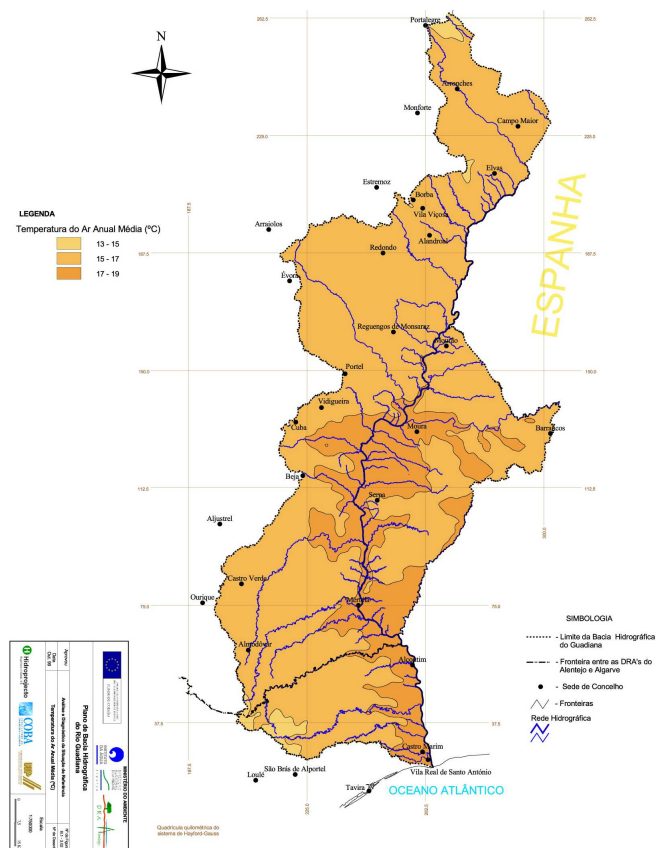


Fig.3.6 – Temperatura do ar anual média em °C (Fonte: PBH rio Guadiana, 1999)

### 3.2.3. INSOLAÇÃO

Os valores anuais de insolação na bacia (parte portuguesa) variam entre 2750 e 2900 h, correspondendo a cerca de 63% e 66% do total máximo possível de horas de sol. A insolação ponderada da bacia é de 2829 h, sendo o mês de Julho o de maior insolação, com 370 h, e o mês de Dezembro o de menor insolação com 147 h (Fig. 3.7).

### 3.2.4. HUMIDADE RELATIVA DO AR

Ao longo do ano a humidade relativa do ar apresenta uma variação importante. Em termos médios anuais, a humidade relativa do ar é pouco variável em toda a bacia. A humidade relativa do ar anual ponderada na bacia é de 74,5%, sendo o mês de Janeiro o mais húmido com 88% e o mês de Julho o menos húmido, com 59% (Fig. 3.8).

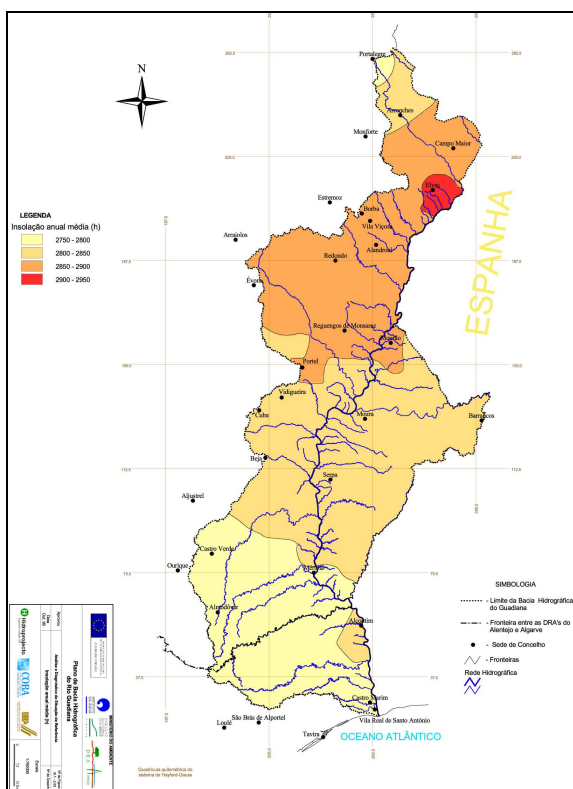


Fig.3.7 – Insolação média anual em horas (Fonte: PBH rio Guadiana, 1999)

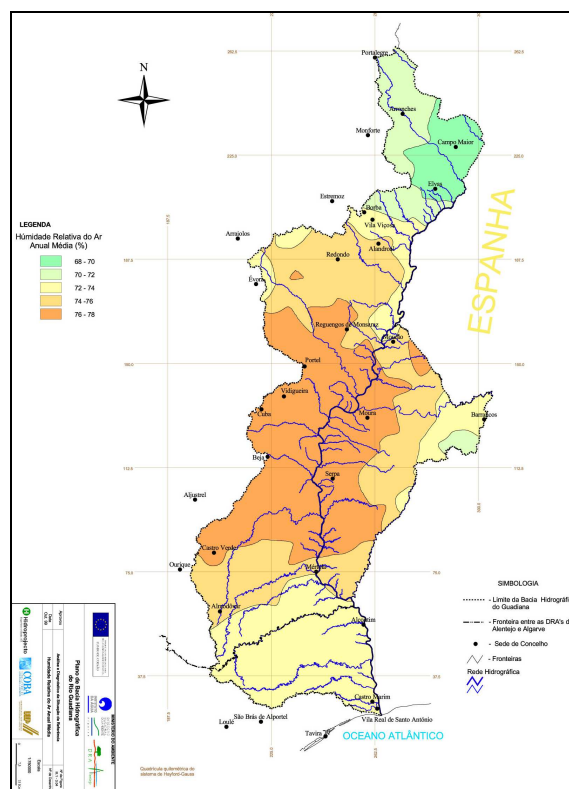


Fig.3.8 – Humidade relativa do ar anual média em % (Fonte: PBH rio Guadiana, 1999)

### 3.2.5. EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A evapotranspiração de referência média anual ponderada da região na bacia é de 1227 mm, sendo Julho o mês onde se observam valores mais elevados, de 204 mm, e Dezembro o mês com valores mais baixos, de 29 mm (Fig. 3.9).





# 4

## CARACTERIZAÇÃO DAS SECAS METEOROLÓGICAS E NÍVEIS DE ALERTA PARA A REGIÃO EM ESTUDO

### 4.1. INTRODUÇÃO

Como já referido anteriormente, a seca é um fenómeno natural, extremo e temporário, a que correspondem questões de difícil resposta, mas tão essenciais como por exemplo “quando se inicia e termina uma situação de seca”, “quanto tempo dura uma seca” ou “qual o seu grau de severidade”. Não sendo igualmente possível evitar as secas, devem ser tomadas medidas, de forma a mitigar os impactos que estas podem provocar a todos os níveis. Para tal é necessário quantificar um fenómeno de seca e caracterizá-lo. Assim, para melhor compreender e reproduzir quantitativamente o grau de severidade de uma seca numa dada zona que se pretenda estudar, são utilizados índices de seca. Estes índices podem compilar uma série de dados, principalmente relativos a variáveis climáticas, tais como a precipitação, temperatura, evapotranspiração e dados relativos ao conteúdo de água no solo e níveis de água, água sob a forma de neve ou gelo (“snowpack”), volumes escoados superficialmente e níveis piezométricos.

Os índices de seca apresentam-se normalmente sobre a forma de um só valor, compilando nele uma série de dados referentes aos vários dados recolhidos (indicadores) e podem ser classificados nos seguintes tipos:

- ✓ Índices de Aproximação Estatística;
- ✓ Índices Meteorológicos e Hidrológicos
- ✓ Índices de Vegetação

No Anexo I apresentam-se alguns exemplos de índices de seca dentro de cada tipo referido, especificando características gerais dos mesmos. Estes índices facilitam assim o desenvolvimento de políticas mitigadoras de secas, a criação de sistemas de monitorização das mesmas, bem como a preparação de planos específicos para situações de secas. No presente capítulo é efectuada uma caracterização meteorológica da severidade de seca da região através do cálculo de índices de seca, procurando-se estabelecer uma relação entre a precipitação anual e a severidade de seca de um ano hidrológico.

## 4.2. CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA DA SEVERIDADE DE SECA

De forma a caracterizar a intensidade das secas na região do Guadiana (parte portuguesa), efectuou-se uma caracterização meteorológica das situações históricas de seca ocorridas na região em estudo, entre o período de 1967/68 e 2005/06 (39 anos).

O cálculo da precipitação média caída na bacia hidrográfica do Guadiana (parte portuguesa) foi efectuada com base nos registos pluviométricos de estações udométricas (foram seleccionadas 47 estações) existentes na região indicadas que se indicam no Quadro 4.1 e representadas na Figura 4.1. O cálculo da precipitação ponderada na região foi efectuado através do método dos polígonos de Thiessen, no qual se considera que a precipitação ponderada numa dada região é calculada pela expressão:

$$P = \sum_{i=1}^n (P_i \frac{S_i}{S}) \quad (4.1)$$

onde,

P – Precipitação média na área estudada (mm)

P<sub>i</sub> – Precipitação média na área do polígono *i* (mm)

S<sub>i</sub> – Área da região inserida no polígono *i* (km<sup>2</sup>)

S – Área total da região considerada (km<sup>2</sup>)

sendo S<sub>i</sub>/S o coeficiente de Thiessen.

Quadro 4.1 – Estações udométricas utilizadas no cálculo da precipitação ponderada da região em estudo e respectivo coeficiente de Thiessen calculado (Fonte: SNIRH, 2007)

Nome da Estação	Código	Área de influência (km <sup>2</sup> )	Coeficiente de Thiessen
ALANDROAL	21M/02UG	249	0,02
ALBERNOA	26J/04UG	128	0,01
ALCARIA LONGA	28J/01G	246	0,02
ALCOUTIM	29M/01UG	86	0,01
ALGODÔR	27K/01UG	310	0,03
ALMODÔVAR	28I/01UG	211	0,02
AMARELEJA (D.G.R.N.)	24N/01UG	505	0,04
AMIEIRA	24L/01C	368	0,03
ARRONCHES	19N/01UG	191	0,02
AZARUJA	21K/01UG	302	0,03
BARRAGEM do CAIA	19O/02C	286	0,02
BARRANCOS	25P/01UG	170	0,01
CASTRO MARIM	30M/03UG	107	0,01
CASTRO VERDE	27I/01G	229	0,02

Quadro 4.1 (continuação) – Estações udométricas utilizadas no cálculo da precipitação ponderada da região em estudo e respectivo coeficiente de Thiessen calculado (Fonte: SNIRH, 2007)

Nome da Estação	Código	Área de influência (km <sup>2</sup> )	Coeficiente de Thiessen
CORUJOS	30L/01UG	261	0,02
CUBA	24J/03UG	150	0,01
DEGOLADOS	19O/03UG	193	0,02
ESPERANÇA	19N/03UG	102	0,01
HERDADE DE VALADA	26M/01C	565	0,05
JUROMENHA	21N/01UG	263	0,02
MARTIM LONGO	29K/01C	262	0,02
MERCADOR	30K/01UG	308	0,03
MÉRTOLA	28L/01UG	401	0,03
MESQUITA	28L/02UG	186	0,02
PEDROGÃO DO ALENTEJO	25L/01UG	441	0,04
PEREIRO	29L/01UG	197	0,02
PONTE MOURÃO	23M/02C	354	0,03
PORTEL	24K/01UG	187	0,02
REDONDO	22L/01UG	218	0,02
REGUENGOS	23L/01G	233	0,02
SALVADA	26K/01UG	229	0,02
SANTA BARBARA PADRÕES	28J/03UG	154	0,01
SANTA CLARA DO LOUREDO	26J/03UG	139	0,01
SANTA CRUZ	29J/03UG	269	0,02
SANTA EULÁLIA	19N/02UG	242	0,02
SANTA IRIA	26L/02UG	393	0,03
SANTA SUSANA	22L/02UG	248	0,02
SANTIAGO MAIOR	22M/01UG	290	0,03
SANTO ALEIXO DA RESTAURAÇÃO	25O/01UG	313	0,03
SÃO JULIÃO	18N/01UG	145	0,01
SÃO MANÇOS	23K/01UG	366	0,03
SÃO MARCOS DA ATABOEIRA	27J/01UG	179	0,02
SERPA	26L/01UG	229	0,02

Quadro 4.1 (continuação) – Estações udométricas utilizadas no cálculo da precipitação ponderada da região em estudo e respectivo coeficiente de Thiessen calculado (Fonte: SNIRH, 2007)

Nome da Estação	Código	Área de influência (km <sup>2</sup> )	Coefficiente de Thiessen
SOBREIRA	30I/02UG	192	0,02
TRINDADE	26J/01UG	116	0,01
VIDIGUEIRA	24K/02UG	145	0,01
VILA VIÇOSA	21M/01UG	238	0,02
<b>TOTAL (47 estações)</b>		<b>11597</b>	<b>1,00</b>

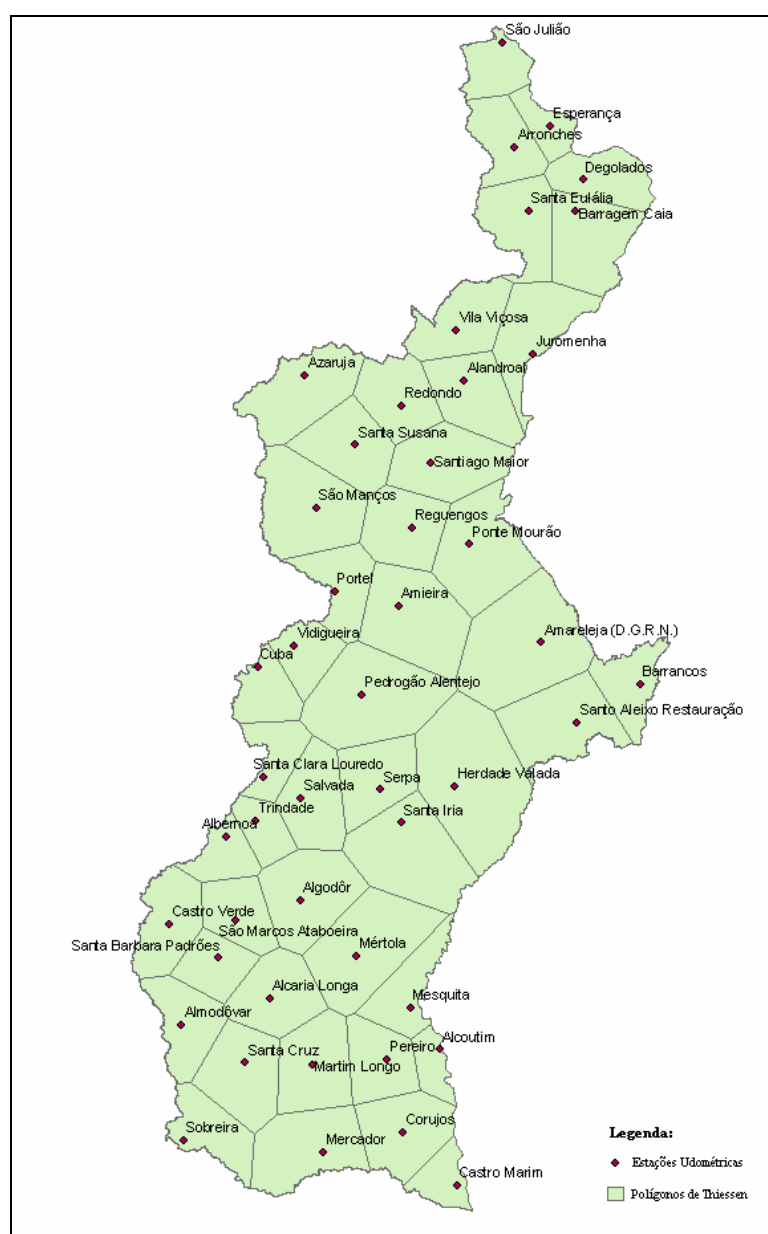


Fig.4.1 – Polígonos de Thiessen.

O Quadro 4.2 resume os valores correspondentes à precipitação anual ponderada para a região em análise.

No Anexo II encontram-se discriminados os parâmetros estatísticos representativos das séries de precipitação anual das estações seleccionadas (47 estações) e os valores de precipitação mensal e anual ponderada encontrados para a região estudada.

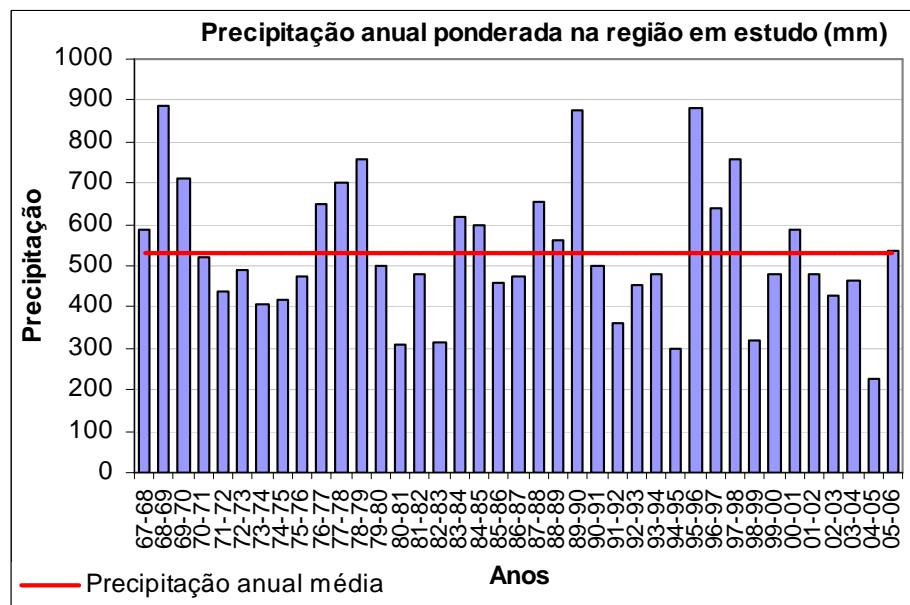


Fig.4.2 – Precipitação anual na bacia do Guadiana e correspondente valor médio.

Quadro 4.2 – Parâmetros estatísticos representativos da precipitação anual ponderada para a região estudada.

Estação	Precipitação anual (mm)				
	Máxima	Mínima	Mediana	Média	Desvio Padrão
Valores ponderados para região bacia do Guadiana	888,0	227,7	487,8	533,1	161,6

A análise do gráfico (Fig. 4.2) permite avaliar a evolução da precipitação anual ao longo dos vários anos estudados (entre 1967/68 e 2005/06). Do gráfico da figura anterior é possível verificar que:

- ✓ A precipitação média no período analisado (38 anos) é de 533,1 mm, o valor máximo e mínimo anual verificado foi de 888,0 e 227,8 mm, respectivamente e o desvio padrão é de 163,8 mm;
- ✓ A precipitação anual apresenta-se 41% das vezes acima da média (em 16 ocasiões) e inferior 62% das vezes (em 23 ocasiões), permitindo concluir que na região em estudo as situações de precipitação anual inferior à média para a região são mais frequentes que as situações de precipitação superior. Há portanto uma assimetria clara entre as situações de precipitação superior e inferior à média;

Segue-se uma apresentação geral dos vários índices estudados (4.2.1), a correspondente classificação de severidade de seca adoptada (4.2.2), apresentando-se ainda a avaliação anual efectuada (4.2.3) e a respectiva análise dos resultados obtidos, de forma a definir uma classificação global dos três índices (4.2.4).

#### 4.2.1. ÍNDICES DE SECA

Numa primeira fase é importante avaliar as situações de seca passadas e classificá-las quanto à sua severidade de seca. Assim, é necessário analisar a precipitação anual de um dado ano e compreender o grau de intensidade de seca, que dependerá da maior ou menor ausência de precipitação verificada (duração e intensidade do fenómeno).

A opção pela utilização dos referidos índices, baseados na análise das precipitações, foi devida à dificuldade verificada na obtenção de séries representativas de outro tipo de dados para além dos da precipitação (não sendo assim avaliados outros parâmetros como o teor de humidade, caudais, níveis piezométricos, entre outros). Foi esta a razão por se ter apenas efectuado uma análise meteorológica da severidade de seca.

##### 4.2.1.1. Normal de precipitação (NP)

Este é um dos índices que permite uma definição e quantificação simples das condições normais de precipitação para uma qualquer região. O cálculo do índice apresentado é relativamente simples de ser efectuado, através do quociente entre a precipitação real e a precipitação média (designado por precipitação normal e é obtida calculando o valor médio das precipitações para o período de tempo de análise, supondo a existência de registos para um período não inferior a 30 anos), numa dada zona, e expresso em percentagem.

Este indicador pode ser calculado para várias escalas temporais, variando normalmente entre um mês e um conjunto de meses, representando uma época sazonal, ou mesmo um ano hidrológico. A precipitação normal para uma dada região é considerada como sendo 100%.

$$\text{Normal de Precipitação} = \frac{P_{real}}{P} (\%) \quad (4.2.)$$

Sendo:

$P_{real}$  - Precipitação real verificada para a escala temporal de análise (ex. mensal ou anual) adoptada;

$\bar{P}$  - Precipitação média.

#### 4.2.1.2. Decis

A referência ao uso dos Decis foi primeiramente sugerida por Gibbs and Maher (1967). Os valores totais de precipitação mensal, para um longo período de tempo, são distribuído por ordem decrescente, ou seja, iniciando-se no valor de precipitação mensal mais elevado para o mais pequeno, de forma a definir uma distribuição de frequências acumuladas.

Esta distribuição é depois dividida em dez partes (Decis). O quinto Decil é a mediana, sendo que para este valor de precipitação, há 50% de ocorrências que excedem este valor e 50% de ocorrência de precipitação que apresentam uma precipitação inferior. Por exemplo, o primeiro Decil representa o valor de precipitação que é excedido 90% das vezes. Há portanto uma probabilidade de ocorrência desta precipitação de 10%. Se a precipitação encaixar nos 20% de precipitação mais baixos (Decis 1 e 2), a precipitação registada é classificada como sendo muito abaixo da normal.

#### 4.2.1.3. Standardized Precipitation Index (SPI)

O SPI, desenvolvido por McKee, Doesken e Kleist em 1993, foi concebido com o propósito de quantificar o défice de precipitação e permite compreender os vários impactos que esta ausência de água provocava na água no solo, na água armazenada em reservatórios, na humidade do solo, no escoamento superficial ou na água sob a forma de gelo e neve (“snowpack”). Para tal, este índice destinado a avaliar unicamente as condições de precipitação foi concebido para ser aplicado a várias escalas temporais e baseado no conceito de precipitação normalizada. As diferentes escalas de tempo possibilitam uma reflexão do impacto que uma situação de seca tem nas diferentes fases do ciclo hidrológico. Assim, o SPI, para qualquer escala de tempo de análise, é baseado na probabilidade de ocorrer precipitação. Este índice é muito utilizado na gestão de situações de seca pois trata-se de um indicador bastante versátil.

O SPI é calculado (versão simplificada) através da precipitação normalizada, que resulta da diferença entre o valor da precipitação para um dado período de tempo e a média da precipitação para o mesmo período de tempo, dividida pelo desvio padrão (McKee, 1993). A média e o desvio padrão são calculados a partir de registos históricos.

$$SPI = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\sigma} \quad (4.3.)$$

Sendo:

SPI – Índice de Precipitação Standard;

$X_i$  – Precipitação real para o período em análise;

$\bar{X}_i$  – Média da precipitação para a série de anos considerados;

$\sigma$  – Desvio padrão da série de precipitação considerada.

No entanto, as precipitações sob o ponto de vista estatístico, não são distribuídas uniformemente em torno do valor médio (sobretudo para períodos de acumulação inferiores a 12 meses), mas sim de modo irregular, com grande desvio em relação ao valor médio. Assim, para que seja possível calcular este índice, é aplicada uma transformação à distribuição da probabilidade de ocorrência de um dado registo de precipitação.

Matematicamente o SPI corresponde à probabilidade cumulativa de ocorrer precipitação e baseia-se no conceito de precipitação normalizada, referindo que valores de SPI positivos indicam que, para uma dada zona e para o período em análise, a precipitação verificada é superior à média e que, ao contrário, para valores de SPI inferiores a zero, a precipitação verificada é inferior à média. Ou seja, uma situação de seca ocorre sempre que o valor do SPI é continuamente negativo e atinge uma intensidade inferior a -1. Esta situação termina quando o SPI se torna positivo ( $SPI \geq 0$ ).

O cálculo do SPI, foi efectuado através de um programa de cálculo automático, disponível on-line no site do *Nacional Drought Mitigation Center* (NDMC, 2006), cuja metodologia é a seguinte:

Deverão ser recolhidos os registos da precipitação mensal para um dado período de análise, período esse que deverá ser contínuo e preferencialmente superior ou igual a 30 anos. Posteriormente são escolhidas as escalas temporais de análise (por exemplo 1, 3, 6, 12, 24 ou 48 meses). O cálculo do SPI é efectuado de modo a que o valor do SPI em cada mês seja determinado a partir dos meses anteriores.

A série de precipitação é então ajustada à distribuição probabilística Gama (Fig. 4.3) para definir a relação entre a probabilidade de ocorrência e os valores da precipitação. A distribuição Gama é definida pela seguinte equação:

$$G(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx, x > 0 \quad (4.4)$$

Onde:

$G(x)$  – probabilidade acumulada

$\beta$  - Parâmetro de escala ( $\beta > 0$ )

$\alpha$  - Parâmetro de forma ( $\alpha > 0$ )

$x$  - Variável aleatória ( $x > 0$ )

$\Gamma(\alpha)$  – Função Gama

Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  são estimados em cada estação para cada escala de tempo e para cada mês do ano. A máxima probabilidade aproximada dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ , é calculada através da expressão:

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad \text{e} \quad \beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (4.5 \text{ e } 4.6)$$

Em que:

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum (\ln(x))}{n} \quad (4.7)$$

e onde  $n$  é o número de observações.

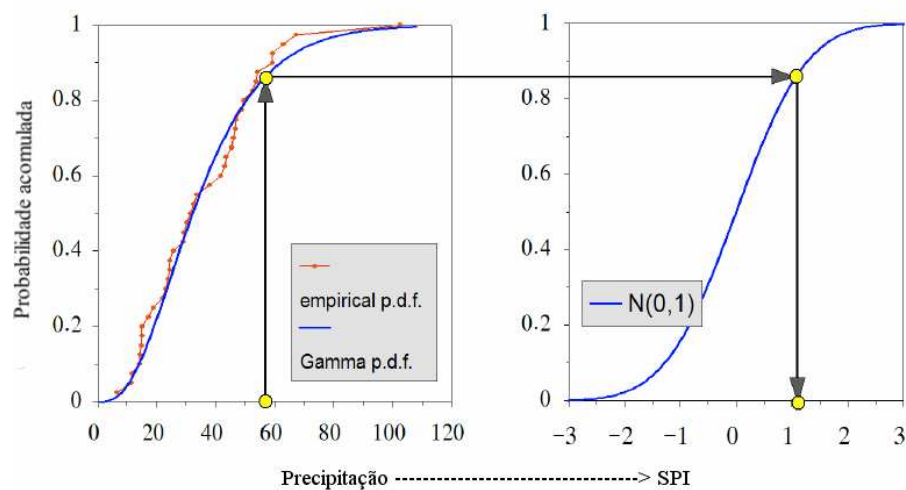


Fig.4.3 - Determinação do SPI através da transformação dos valores da precipitação, ajustados à função Gama, numa distribuição normal de valor médio zero e desvio padrão unitário. (Fonte: Hughes et al, 2002)

Calculada a probabilidade acumulada,  $G(x)$ , sendo  $x$  a variável em análise, determina-se o valor de  $Z$  (variável normalizada) para a mesma probabilidade, obtendo-se assim, o índice normalizado.

Ou seja, a série de precipitação ajustada à distribuição probabilística Gama é transformada numa distribuição normal (Fig 4.4), definindo-se uma relação entre a probabilidade de ocorrência e os valores de precipitação. O valor deste índice corresponde assim à padronização dos totais dos registos gama-transformados pelo que um índice igual a zero indica que não houve desvios nos valores do registo relativamente à sua média para o período analisado. Como já referido anteriormente, valores positivos destes índices indicam que a variável respectiva assume valores superiores à sua média e valores negativos indicam que a variável é inferior à média. Assim, os períodos de seca são assinalados por valores negativos destes índices.

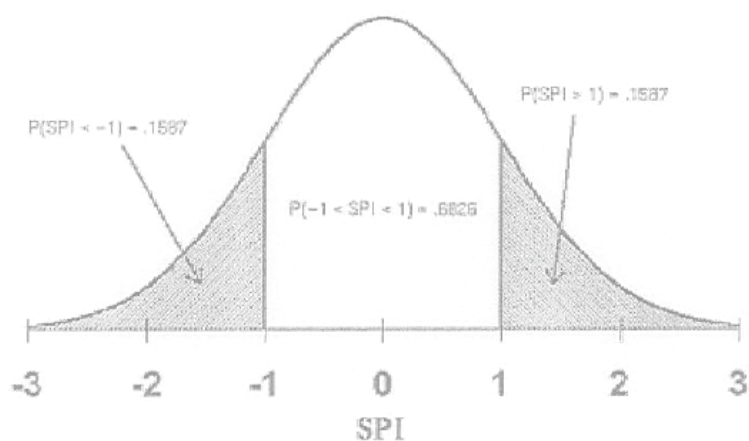


Fig.4.4 - Distribuição normal do SPI com média igual a 0 e desvio padrão 1.

#### 4.2.2. CLASSIFICAÇÃO DA SEVERIDADE DE SECA ADOPTADA PARA OS DIVERSOS ÍNDICES

Comparando diferentes países e de acordo com a sua climatologia e vulnerabilidade a fenómenos de seca, poderão ser consideradas diferentes classificações de severidade de seca para um mesmo índice de seca. Apresenta-se para cada índice utilizado, a classificação de intensidade de seca adoptada no presente projecto face às características meteorológicas da região.

##### 4.2.2.1. Normal de Precipitação (NP)

O Quadro 4.3. resume a classificação adoptada para Portugal pelo INAG, efectuada com o propósito da avaliação das principais situações de seca verificadas no país nos últimos 30 anos, no âmbito da contribuição portuguesa para a elaboração do *Water Scarcity and Droughts - In-depth assessment,- Second Interim Report* (DG Env EC, 2007).

Quadro 4.3 - Classificação de intensidade de seca do NP adoptada pelo INAG.

% NP	Intensidade de seca
% NP > 1.10	Húmido
$0.90 \leq \% \text{ NP} \leq 1.09$	Próximo do normal
$0.70 \leq \% \text{ NP} \leq 0.85$	Seca suave a moderada
% NP < 0.69	Seca Severa a extrema

No presente trabalho optou-se por uma classificação mais conservativa (pois a zona sul do país é uma região com frequentes episódios de secas (INAG. 2001)), definindo-se a classificação de NP apresentada no Quadro 4.4 para posterior atribuição de níveis de intervenção. Assim, as classes de seca propostas pelo INAG (Quadro 4.3) foram divididas e agravados os seus limites.

Quadro 4.4 – Classificação de intensidade de seca do NP adoptada no presente projecto.

% NP	Intensidade de seca
% NP $\geq 1.10$	Húmido
$0.85 \leq \% \text{ NP} < 1.10$	Próximo do Normal
$0.75 \leq \% \text{ NP} < 0.85$	Seca Moderada
$0.50 \leq \% \text{ NP} < 0.75$	Seca Severa
% NP < 0.50	Seca Extrema

Para precipitações mensais iguais ou superiores a 85% da precipitação normal assume-se que não se verificam fenómenos de seca.

## 4.2.2.2. Decis

A análise dos Decis, primeiramente apresentada por Gibbs e Maher (1976), é uma análise das precipitações utilizada em todas as regiões do globo terrestre.

O cálculo dos Decis e a consequente classificação de um intervalo de tempo quanto à intensidade de seca, é efectuado ordenando de forma decrescente a série de precipitação para posterior divisão em 10 partes iguais, designadas por 1º Decil, 2º Decil até ao 10º Decil (Quadro 4.5). Deste modo é possível então encontrar o nível de probabilidade de serem excedidos ou não atingidos determinados valores de precipitação. Estas probabilidades de ocorrência de uma dada precipitação reflectem, para uma dada zona, a caracterização meteorológica, classificando a mesma de acordo com os valores de precipitação nela registados.

Quadro 4.5 – Classificação dos Decis quanto à precipitação, segundo Gibbs e Maher (1967)

<b>Decis</b>	<b>Interpretação de precipitação</b>
Decil 1,2	Muito abaixo do normal
Decil 3,4	Abaixo do normal
Decil 5,6	Próximo do normal
Decil 7,8	Acima do normal
Decil 9,10	Muito acima do normal

No Quadro 4.6 é apresentada a inter-relação classificativa entre os Decis da precipitação e a severidade de seca, classificação essa que será a adoptada no presente trabalho.

Quadro 4.6 - Classificação dos Decis quanto à severidade de seca, segundo Gibbs e Maher (1967)

<b>Intervalo Inter-Decis</b>	<b>Designação Qualitativa</b>
Decil 1 e 2	Seca Severa
Decil 3 e 4	Seca Moderada
Decil 5 e 6	Próximo do normal
Decil 7	Moderadamente Húmido
Decil 8 e 9	Muito Húmido
Decil 10	Extremamente Húmido

No entanto, no presente trabalho, considera-se uma divisão da classe severa, em seca severa (valores de precipitação inferiores ao Decil 2) e seca extrema ((valores de precipitação inferiores ao Decil 1). Esta consideração justifica-se por a região apresentar frequentes períodos de seca.

## 4.2.2.3. Standardized Precipitation Index (SPI)

Para definição de uma classificação de severidade de seca do SPI para a região da bacia hidrográfica do Guadiana (parte portuguesa), foram identificadas várias classificações adoptadas em diferentes regiões do globo, de forma a seleccionar a classificação mais adequada à região em estudo.

A intensidade de seca em função do valor de SPI foi primeiramente apresentada por McKee et al. (1993), através da análise das precipitações ocorridas (registadas nas várias estações) no Estado do Colorado (USA). A intensidade de seca meteorológica e respectivas probabilidades de ocorrência para as diferentes classes de severidade de seca definidas por McKee et al. (1993) encontram-se indicadas no Quadro 4.7.

Quadro 4.7 – Classificação da intensidade das secas segundo McKee *et al.* (1993)

SPI	Intensidade de seca	Probabilidade de ocorrência*
2,0 ou mais	Extremamente húmido	2,3 %
1,5 a 1,99	Muito húmido	4,4 %
1,0 a 1,49	Moderadamente húmido	9,2 %
-0,99 a -0,99	Próximo do normal	48,0%
-1,0 a -1,49	Seca moderada	9,2 %
-1,5 a -1,99	Seca severa	4,4 %
-2,0 ou menos	Seca extrema	2,3 %

\* Para uma distribuição Normal do SPI

Esta classificação de McKee et al. (1993) é utilizada na maior parte dos países. No entanto, alguns planos de secas realizados em vários países utilizam classificações do índice SPI mais adequadas às condições da sua região, diferindo assim da classificação apresentada anteriormente.

Em Portugal é adoptada pelo INAG uma classificação mais simplificada que a sugerida por McKee et al. (1993), que é representada no Quadro 4.8.

Quadro 4.8 – Classificação da intensidade das secas do SPI em Portugal (INAG)

SPI	Intensidade de seca
0 ou mais	Inexistência de seca
0,0 a -1,0	Seca Suave
-1,0 a -1,50	Seca moderada
-1,50 ou menos	Seca Severa/Extrema

Foi ainda analisada a classificação considerada em Espanha, nomeadamente a parte espanhola da bacia do Guadiana, que adopta uma classificação diferente para o referido índice. Esta classificação, apresentada pela Confederación Hidrográfica del Guadiana (2007) no *Plan Especial de Sequía de la Cuenca del Guadiana*, encontra-se representada no Quadro 4.9.

Quadro 4.9 – Intensidade de secas para o SPI e respectiva probabilidade de ocorrência adoptado pela Confederación Hidrográfica del Guadiana

Severidade da Seca	Valor do SPI	Probabilidade de Ocorrência
Extrema	-1,65	< 5 % dos anos
Severa	-1,28	< 10 % dos anos
Moderada	-0,675	< 25 % dos anos
Leve a Inexistente	-0,675 < SPI < 0	25% a 50% dos anos

A classificação adoptada no presente trabalho é idêntica à adoptada em Espanha, pois uma análise comparativa do SPI nas partes portuguesa e espanhola da bacia do Guadiana permitiu observar uma compatibilidade da severidade de seca dos diversos anos avaliados. A análise comparativa referida é apresentada no Anexo III, permitindo concluir que os valores do SPI na parte portuguesa e espanhola apresentam valores semelhantes e que os anos onde se verificaram as maiores secas também são praticamente coincidentes. Adoptou-se assim esta classificação, que atende às características de semelhança e proximidade das regiões espanhola e portuguesa. Pretende-se que haja uma maior conformidade entre os resultados portugueses e espanhóis obtidos para o mesmo índice SPI. De facto, sendo que os rios e as condições meteorológicas não distinguem fronteiras, entende-se que a proximidade geográfica, a semelhança das condições climáticas entre as bacias transfronteiriças e a sensibilidade da zona em estudo face às secas (relativamente à classificação de McKee e adoptada para o país), justificam a classificação da intensidade de seca sugerida e apresentada no Quadro 4.10.

Quadro 4.10 – Classificação da intensidade das secas considerada no presente projecto

SPI	Intensidade de seca
0,675 ou mais	Húmido
0,675 a -0,675	Próximo do normal
-0,675 a -1,28	Seca moderada
-1,28 a -1,65	Seca severa
-1,65 ou menos	Seca extrema

#### 4.2.3. AVALIAÇÃO ANUAL DOS ÍNDICES DE SECA NP, DECIS E SPI

A avaliação anual dos vários índices (NP, Decis e SPI), tem por base o estudo da variável meteorológica, a precipitação (foram analisadas as precipitações registadas em 47 estações meteorológicas, com dados online – <http://snirh.pt> - existentes da Bacia do Guadiana), sendo efectuada uma comparação entre a precipitação acumulada no final de cada ano hidrológico (contabiliza-se a precipitação anual no final do mês de Setembro) e a correspondente precipitação acumulada dos anos da série histórica. Ou seja, através da avaliação anual das precipitações no final de cada ano hidrológico, e com o auxílio de índices habitualmente usados, devidamente comparados, é possível caracterizar a magnitude da seca de um dado ano hidrológico.

#### 4.2.3.1. Normal de Precipitação (NP)


Numa primeira fase para identificar mais detalhadamente quais os períodos em que a bacia do Guadiana esteve sob fenómenos de seca, foram analisados os valores do índice de seca NP a 12 meses (avaliação da precipitação anual). O NP-12 meses efectua a comparação da precipitação acumulada de 12 meses consecutivos do ano hidrológico (em Setembro) com os mesmos 12 meses dos anos da série histórica. Isto é, para o último mês do ano hidrológico, Setembro, é efectuada uma comparação da precipitação total desse ano hidrológico com a precipitação média de todos os anos hidrológicos do registo histórico, (1967/68 a 2005/06). Considerou-se que, para identificar e definir uma situação de seca no período em estudo, os valores de NP deveriam ser inferiores a 85% (classificação apresentada em 4.2.2). No Quadro 4.11 é apresentada a classificação de severidade de seca do índice NP obtida para os vários anos, na região da Bacia do Guadiana.


Quadro 4.11 – Classificação da severidade de seca através da avaliação do NP-12


Ano	NP-12 (prec.anual)	Ano	NP-12 (prec.anual)
67-68	111%	87-88	124%
68-69	167%	88-89	106%
69-70	134%	89-90	165%
70-71	98%	90-91	94%
71-72	83%	91-92	68%
72-73	92%	92-93	85%
73-74	77%	93-94	90%
74-75	78%	94-95	56%
75-76	90%	95-96	166%
76-77	123%	96-97	121%
77-78	132%	97-98	143%
78-79	143%	98-99	60%
79-80	95%	99-00	90%
80-81	58%	00-01	111%
81-82	90%	01-02	91%
82-83	59%	02-03	81%
83-84	116%	03-04	88%
84-85	113%	04-05	43%
85-86	87%	05-06	101%
86-87	89%		

**Legenda:**

 Húmido ( $NP \geq 1.10$ )

 Próximo do Normal ( $0.85 \leq NP < 1.10$ )

 Seca Moderada ( $0.75 \leq NP < 0.85$ )

 Seca Severa ( $0.50 \leq NP < 0.75$ )

 Seca Extrema ( $NP < 0.50$ )

Para facilitar a identificação e percepção dos anos hidrológicos em que ocorreram situações de seca, procedeu-se à construção de um Gráfico (Fig. 4.5) que representasse os valores de NP encontrados, considerando as precipitações anuais (somatório das precipitações mensais acumuladas a 12 meses) ocorridas ao longo dos vários anos hidrológicos estudados (avaliação no mês de Setembro).

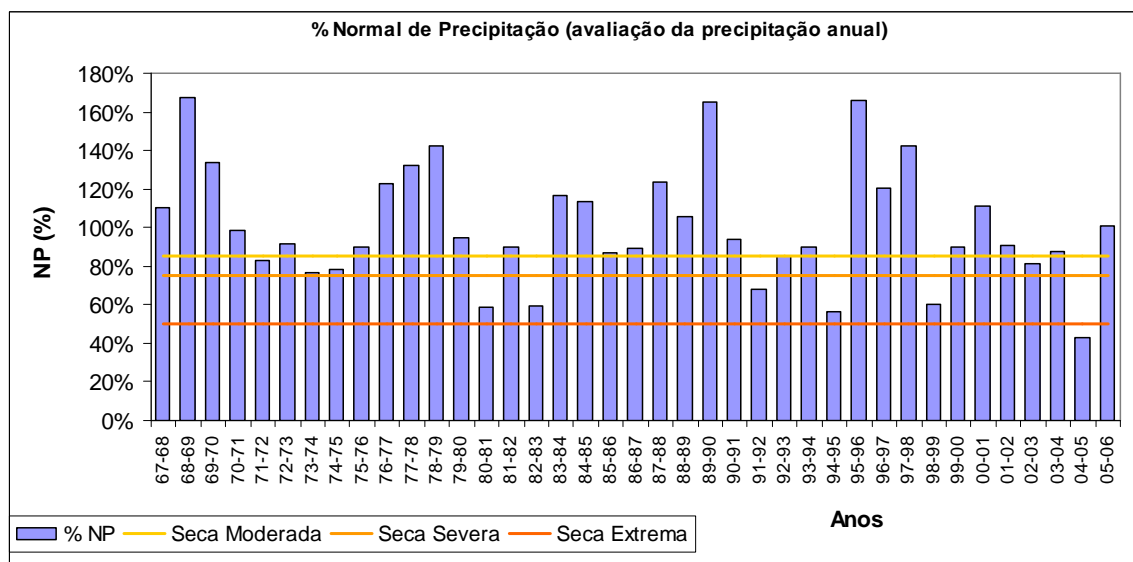


Fig. 4.5 – Normal de Precipitação das precipitações anuais para os vários anos em estudo na zona da Bacia do Guadiana

A análise da Fig. 4.5, onde as linhas horizontais a cor representam os limites considerados para os diferentes níveis de severidade de seca, permite não só identificar os períodos de seca com maior facilidade, como também permite classificar os anos de seca, de acordo com o correspondente nível de severidade (classificação resumida no Quadro 4.12).

Quadro 4.12 – Anos de seca moderada, severa e extrema no período de 1967/68 a 2005/06, de acordo com a análise do NP (%)

Anos Secos		
Seca Moderada	Seca Severa	Seca Extrema
1971/72; 1973/74 e 1974/75; 1992/93; 2002/03	1980/81; 1982/83; 1991/92; 1994/95; 1998/99;	2004/05

Assim, segundo este índice, até ao momento apenas o período de 2004/05 se apresentou com um ano de seca extrema. Os anos hidrológicos 1980/81 e 1982/83, 1991/92, 1994/95 e 1998/99 definem-se como anos de seca severa, e os restantes períodos indicados, apresentaram uma classificação de severidade de seca moderada.








## 4.2.3.2. Decis

Pretendendo-se fazer uma avaliação anual do índice de seca Decis, foi também efectuado um estudo das precipitações mensais acumuladas a 12 meses (calculada para o mês de Setembro). O cálculo dos Decis e a consequente classificação de um intervalo de tempo quanto à precipitação ocorrida é efectuado, como foi já referido anteriormente em 4.2.2.2. Foi assim possível encontrar os valores de precipitação anual referentes aos vários Decis e o nível de probabilidade de serem excedidos esses mesmos valores. Os valores mínimos e máximos expectáveis ocorrer em cada Decil de precipitação, na região em estudo, para o período entre 1967/68 e 2005/06, encontram-se representados no Quadro 4.13

Quadro 4.13 – Valores de precipitação referentes aos diferentes Decis (Decis-12 meses)

Classificação severidade	Decis	Probabilidade de excedência (mês)	Precipitação mensal (mm)
Seca Extrema	Decil 1	90%	317,6
Seca Severa	Decil 2	80%	427,2
Seca Moderada	Decil 3	70%	458,4
Seca Moderada	Decil 4	60%	476,6
Próximo do normal	Decil 5	50%	484,3
Próximo do normal	Decil 6	40%	527,9
Moderadamente Húmido	Decil 7	30%	591,6
Moderadamente Húmido	Decil 8	20%	652,8
Muito Húmido	Decile 9	10%	756,3
Extremamente Húmido	Decile 10	0%	888,0

**Legenda:**

 Muito Húmido (Decil 9)	 Próximo do Normal (Decis 5 e 6)	 Seca Severa (Decil 2)
 Extremamente Húmido (Decil 10)	 Moderadamente Húmido (Decis 7 e 8)	 Moderadamente Seco (Decis 3 e 4)
		 Seca Extrema (Decil 1)

É importante referir que, associado à identificação dos vários Decis, é possível definir as probabilidades de ocorrência de uma dada precipitação. Por exemplo, para um dado valor de precipitação inferior ao limite correspondente ao 2º Decil, pode dizer-se que este valor de precipitação é excedido em pelos menos 80% dos anos, o que equivale a dizer que tem uma probabilidade de ocorrência de 20%. Deste modo, a precipitação situa-se na classe dos 20% de valores mais baixos (Decis 1 e 2), sendo classificados como “muito abaixo do normal”.






A classificação de severidade de seca dos Decis-12 meses para os vários anos da série de registos (definida em função da probabilidade de ocorrência de uma dada gama de precipitações) é apresentada no Quadro 4.14 em função da precipitação anual ocorrida e registada na região para o período de 1967/68 a 2005/06. Dado que se pretende apenas analisar as situações de seca, as várias classes

húmidas (moderadamente húmido, muito húmido e extremamente húmido) foram simplificada e classificadas de modo único: “húmida”.

Quadro 4.14 - Classificação anual da severidade de seca através da avaliação dos Decis-12

Ano	Decis-12 (prec.anual)	Ano	Decis-12 (prec.anual)
67-68	586,8	87-88	656,8
68-69	888,0	88-89	561,7
69-70	711,7	89-90	876,4
70-71	521,4	90-91	498,2
71-72	440,7	91-92	362,6
72-73	487,8	92-93	452,5
73-74	406,4	93-94	479,5
74-75	416,2	94-95	298,1
75-76	475,8	95-96	879,6
76-77	651,8	96-97	641,4
77-78	702,2	97-98	756,3
78-79	756,3	98-99	318,0
79-80	502,1	99-00	477,1
80-81	310,3	00-01	587,9
81-82	478,7	01-02	480,9
82-83	314,7	02-03	429,9
83-84	617,3	03-04	465,5
84-85	600,3	04-05	227,7
85-86	460,9	05-06	537,6
86-87	472,2		

**Legenda:**

 Húmido (Decis 7 a 10)	 Próximo do Normal (Decis 5 e 6)	 Seca Severa (Decil 2)
 Moderadamente Seco (Decis 3 e 4)	 Seca Extrema (Decil 1)	

A avaliação do grau de severidade a nível anual através do cálculo dos Decis permite então identificar os anos em que se verificaram situações de seca. Os resultados obtidos encontram-se representados no Figura 4.5.

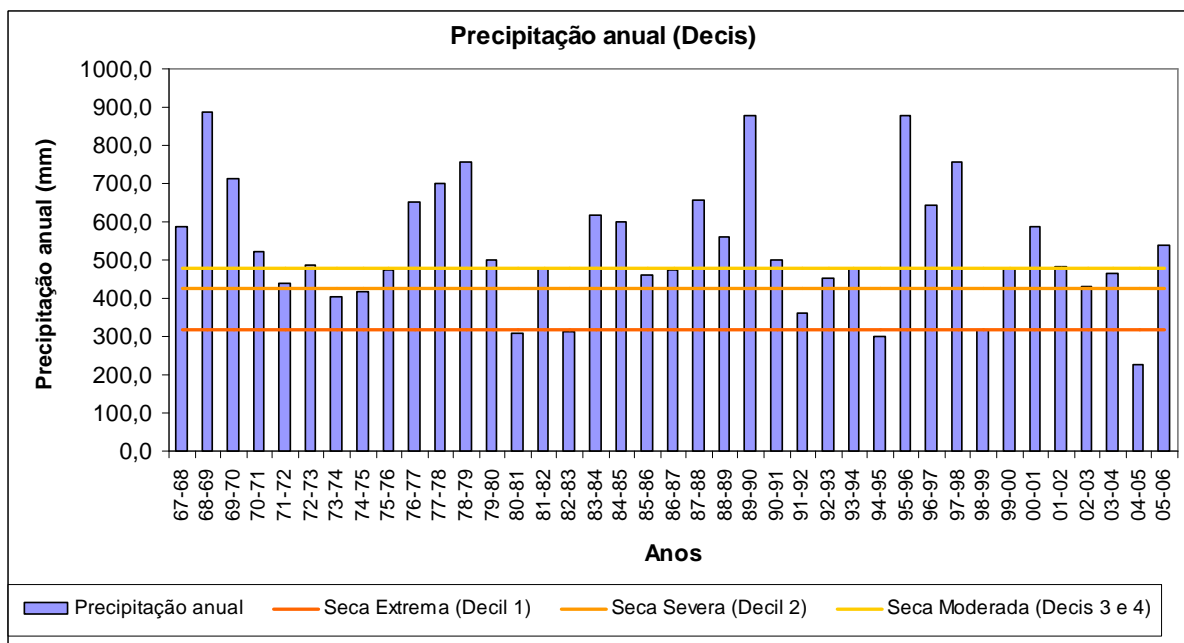


Figura 4.6 - Precipitação anual da Bacia do Guadiana de 1967/68 a 2005/06 e representação dos vários Decis referentes às situações de seca (parte portuguesa)

De facto, o gráfico apresentado na Fig.4.6, através de uma comparação entre os valores de precipitação anual e os valores limite de precipitação anual correspondentes aos vários Decis (linhas horizontais a cor que são representativas dos limites das várias classes de severidade de seca), permite uma identificação fácil dos períodos que sofreram situações de seca. O gráfico da Figura anterior permite ainda classificar os correspondentes anos quanto ao seu grau de severidade.

O Quadro 4.15 resume a classificação dos diversos anos de seca do período analisado, quanto ao seu grau de severidade.

Quadro 4.15 – Anos de seca moderada, severa e extrema no período de 1967/68 a 2005/06 de acordo com a análise dos Decis

Anos Secos		
Seca Moderada	Seca Severa	Seca Extrema
1971/72; 1975/76; 1985/86 e 1986/87; 1992/93; 2002/03 e 2003/04	1973/74 e 1974/75; 1991/92; 1998/99;	1980/81; 1982/83 1994/95; 2004/05

De acordo com o Quadro anterior e a classificação dos Decis, ocorreram quatro anos de seca extrema no período analisado. Assim, os períodos que se apresentaram extremamente secos de acordo com a classificação dos Decis foram 1980/81, 1982/83, 1994/95 e 2004/05, sendo este último ano o que apresentou um maior défice de precipitação. Os anos de 1973/74 e 1974/75, 1991/92 e 1998/99 apresentaram-se como sendo de seca severa. Os restantes anos referidos anteriormente foram classificados como anos de seca moderada.






## 4.2.3.3. Standardized Precipitation Index (SPI)

A análise dos valores obtidos para o SPI-12 meses (avaliação da precipitação anual no mês de Setembro) permite igualmente identificar os vários anos em que se verificaram fenómenos de seca. As situações de seca (moderadas, severas ou extremas) correspondem a valores de SPI inferiores a -0,675 (de acordo com a classificação adoptada para o índice de SPI apresentada em 4.2.2.3). Uma vez mais, por simplificação considerou-se uma classe conjunta para a classe húmida.

O Quadro 4.16 apresenta a classificação da severidade de seca para o SPI-12 meses na região em estudo.

Quadro 4.16 – Classificação da severidade de seca com base no cálculo do SPI-12 para a região em estudo

Ano	SPI-12 (prec.anual)	Ano	SPI-12 (prec.anual)
67-68	0,43	87-88	0,82
68-69	1,95	88-89	0,28
69-70	1,11	89-90	1,9
70-71	0,02	90-91	-0,12
71-72	-0,51	91-92	-1,1
72-73	-0,19	92-93	-0,43
73-74	-0,77	93-94	-0,25
74-75	-0,69	94-95	-1,66
75-76	-0,27	95-96	1,92
76-77	0,79	96-97	0,73
77-78	1,06	97-98	1,33
78-79	1,33	98-99	-1,48
79-80	-0,1	99-00	-0,26
80-81	-1,55	00-01	0,43
81-82	-0,25	01-02	-0,24
82-83	-1,51	02-03	-0,59
83-84	0,6	03-04	-0,34
84-85	0,5	04-05	-2,37
85-86	-0,37	05-06	0,13
86-87	-0,3		

<b>Legenda:</b>	 Seca Severa ( $-1,65 < \text{SPI} \leq -1,28$ )	 Próximo do Normal ( $-0,675 < \text{SPI} < 0,675$ )
 Seca Extrema ( $\text{SPI} \leq -1,65$ )	 Seca Moderada ( $-1,28 < \text{SPI} \leq -0,675$ )	 Húmido ( $\text{SPI} \geq 0,675$ )

Para facilitar a interpretação dos resultados obtidos para o SPI foi igualmente feita uma representação gráfica dos valores do SPI-12 obtidos para o final de cada ano hidrológico (avaliação da precipitação anual). Estes encontram-se representados na Figura 4.7.

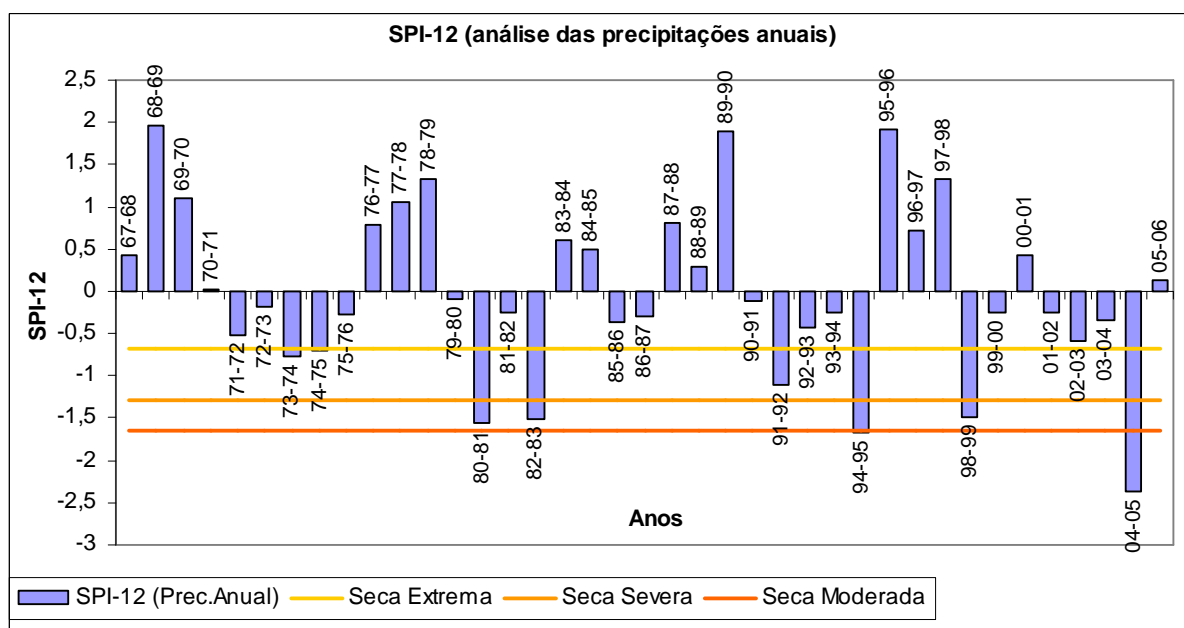


Figura 4.7 – SPI-12 meses para a precipitação anual na zona da Bacia do Guadiana (parte portuguesa)

O Quadro 4.17 permite classificar os vários anos analisados quanto ao grau de severidade de seca.

Quadro 4.17 – Anos de seca moderada, severa e extrema no período de 1967/68 a 2005/06 de acordo com a análise do SPI

Anos Secos		
Secca Moderada	Secca Severa	Secca Extrema
1973/74; 1974/75; 1991/92	1980/81; 1982/83 1994/95; 1998/99	2004/05

Na avaliação do SPI-12 destaca-se o período 2004/05 como sendo o de maior severidade de seca desde 1966/67, classificando-se o ano como de seca extrema. Os períodos de seca mais intensos a seguir ao período 2004/05, classificados como sendo de seca severa, foram os de 1980/81, 1982/83, 1994/95 e 1998/99. Os restantes anos hidrológicos referidos como atravessando fenómenos de seca, apresentaram uma classificação de severidade de seca moderada.

#### 4.2.4. CLASSIFICAÇÃO GLOBAL DA SEVERIDADE DE SECA

Nesta avaliação do fenómeno de seca através do cálculo dos índices de severidade de seca é importante analisar a forma como estes se relacionam entre si e de que modo interferem na avaliação da severidade de seca de um modo global. A classificação global da severidade de seca a adoptar para o presente trabalho foi efectuada procurando atender às classificações da intensidade de seca dos vários anos estudados, obtidas através dos três índices analisados (representadas nos Quadros 4.11,

4.14 e 4.16 e nas Fig.4.5 a 4.7), decorrentes da avaliação anual. Assim, é possível concluir que a classificação da intensidade das secas menos conservativa é obtida pelos Decis (apresenta uma severidade de seca mais gravosa), a mais conservativa pelo SPI, sendo a classificação obtida pelo NP apenas ligeiramente mais conservativa que a do SPI.

Foram analisados e comparados os resultados individuais de cada índice(classificação de severidade de seca de cada ano do registo histórico), e a respectiva classificação de severidade de seca, de forma a identificar e classificar os vários anos de uma forma global. Para definir essa classificação global foram adoptadas as seguintes considerações:

- ✓ No caso de se verificarem para os três índices (NP, Decis e SPI) uma classificação individual concordante, a classificação global a adoptar é a classificação concordante encontrada;
- ✓ No caso de verificarem dois índices concordantes e um discordante, duas situações podem ocorrer: os dois índices concordantes apresentam uma classificação mais gravosa (representativa de maior deficit de precipitação) e o outro uma menos gravosa, ou o caso contrário, onde os dois índices concordantes apresentam uma classificação menos gravosa e o outro índice apresenta-se mais gravoso. No entanto neste caso, independentemente do caso que ocorra, considera-se que a classificação global a adoptar é a classificação individual mais gravosa verificada;
- ✓ Finalmente, no caso dos três índices (NP, Decis e SPI) serem discordantes, considera-se que a classificação global a adoptar é a classificação individual intermédia verificada.

O diagrama (Fig. 4.8) permite uma representação estruturada e simplificada das considerações adoptadas.

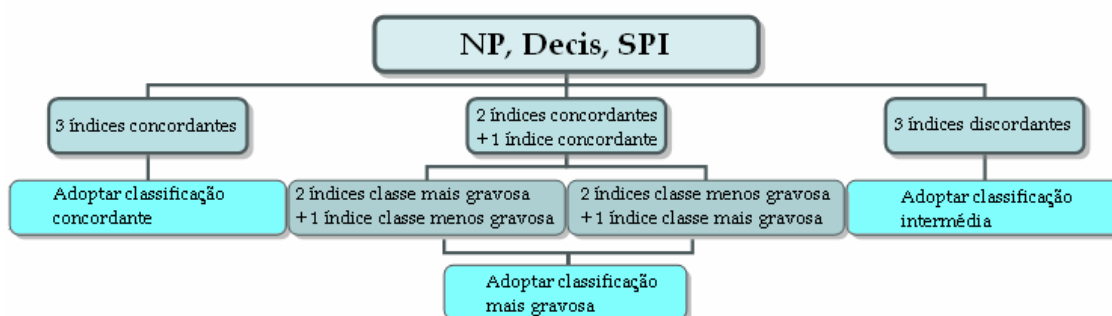


Fig. 4.8 – Esquema para identificação da classificação global da severidade de seca

Observa-se que a classificação global a adoptar é a classificação individual menos conservativa excepto nos casos de discordância das classificações dos vários índices. De facto, o desejável seria adoptar-se uma classificação intermédia ou a classificação verificada o maior número de vezes. No entanto sendo a região da bacia do Guadiana (integrada na zona mediterrânea) uma das regiões portuguesas mais atingidas pelos fenómenos de seca, considera-se justa a aplicabilidade deste critério classificativo.

No Quadro 4.18 apresentam-se, para cada classe de severidade global, as várias combinações da classificação de severidade de seca individual possíveis de ocorrer. A cada coluna de uma dada classificação de severidade de seca global correspondem três índices, um de cada tipo (NP, Decis ou SPI). É independente a ordem em que cada um desses índices é colocado nas sub-colunas.

Quadro 4.18 – Combinações possíveis das classes de severidade de seca dos três índices de seca NP, Decis e SPI para definição da Classificação Global da Severidade de Seca

Húmido	Próximo Normal			Seca Moderada			Seca Severa			Seca Extrema					
	H	H	H	PN	PN	PN	SM	SM	SM	SS	SS	SS	SE	SE	SE
H	H	H	PN	SM	SM	PN	SS	SS	SM	SE	SE	SS			
	H	PN	PN	PN	PN	SM	SS	SM	SM	SE	SS	SS			
	H	PN	SM	PN	SM	SS	SM	SS	SE						

### Análise dos resultados obtidos na classificação da severidade global de seca para os vários anos estudados

No Quadro 4.19 apresentam-se, para os vários anos estudados, as classes de severidade obtidas para cada índice específico de acordo com a sua correspondente classificação (apresentada em 4.2.2) e as classificações globais da severidade de seca encontradas a partir da aplicação dos critérios explanados e sintetizados no diagrama da Fig. 4.8 e no Quadro 4.18.

Quadro 4.19 - Classificação da severidade de seca através dos índices NP, Decis e SPI e classificação de severidade de seca global obtida para os vários anos de registo (1967/68 a 2005/06)

Ano	NP-12 (prec.anual)	Decis-12 (prec.anual)	SPI-12 (prec.anual)	Classificação Global de Severidade de Seca
67-68	Húmido	Húmido	Próximo Normal	Próximo Normal
68-69	Húmido	Húmido	Húmido	Húmido
69-70	Húmido	Húmido	Húmido	Húmido
70-71	Próximo Normal	Húmido	Próximo Normal	Próximo Normal
71-72	Seca Moderada	Seca Moderada	Próximo Normal	Seca Moderada
72-73	Próximo Normal	Húmido	Próximo Normal	Próximo Normal
73-74	Seca Moderada	Seca Severa	Seca Moderada	Seca Severa
74-75	Seca Moderada	Seca Severa	Seca Moderada	Seca Severa
75-76	Próximo Normal	Seca Moderada	Próximo Normal	Seca Moderada
76-77	Húmido	Húmido	Húmido	Húmido

Quadro 4.19 (continuação) - Classificação da severidade de seca através dos índices NP, Decis e SPI e classificação de severidade de seca global obtida para os vários anos de registo (1967/68 a 2005/06)

Ano	NP-12 (prec.anual)	Decis-12 (prec.anual)	SPI-12 (prec.anual)	Classificação Global de Severidade de Seca
77-78	Húmido	Húmido	Húmido	Húmido
78-79	Húmido	Húmido	Húmido	Húmido
79-80	Próximo Normal	Húmido	Próximo Normal	Próximo Normal
80-81	Seca Severa	Seca Extrema	Seca Severa	Seca Extrema
81-82	Próximo Normal	Húmido	Próximo Normal	Próximo Normal
82-83	Seca Severa	Seca Extrema	Seca Severa	Seca Extrema
83-84	Húmido	Húmido	Próximo Normal	Próximo Normal
84-85	Húmido	Húmido	Próximo Normal	Próximo Normal
85-86	Próximo Normal	Seca Moderada	Próximo Normal	Seca Moderada
86-87	Próximo Normal	Seca Moderada	Próximo Normal	Seca Moderada
87-88	Húmido	Húmido	Húmido	Húmido
88-89	Próximo Normal	Húmido	Próximo Normal	Próximo Normal
89-90	Húmido	Húmido	Húmido	Húmido
90-91	Próximo Normal	Húmido	Próximo Normal	Próximo Normal
91-92	Seca Severa	Seca Severa	Seca Moderada	Seca Severa
92-93	Próximo Normal	Seca Moderada	Próximo Normal	Seca Moderada
93-94	Próximo Normal	Húmido	Próximo Normal	Próximo Normal
94-95	Seca Severa	Seca Extrema	Seca Severa	Seca Extrema
95-96	Húmido	Húmido	Húmido	Húmido
96-97	Húmido	Húmido	Húmido	Húmido
97-98	Húmido	Húmido	Húmido	Húmido
98-99	Seca Severa	Seca Severa	Seca Severa	Seca Severa
99-00	Próximo Normal	Húmido	Próximo Normal	Próximo Normal
00-01	Húmido	Húmido	Próximo Normal	Próximo Normal
01-02	Próximo Normal	Húmido	Próximo Normal	Próximo Normal
02-03	Seca Moderada	Seca Moderada	Próximo Normal	Seca Moderada
03-04	Próximo Normal	Seca Moderada	Próximo Normal	Seca Moderada
04-05	Seca Extrema	Seca Extrema	Seca Extrema	Seca Extrema
05-06	Próximo Normal	Próximo Normal	Próximo Normal	Próximo Normal

A análise do Quadro 4.19 permite observar que a classificação global adoptada corresponde à classificação individual mais conservativa, não tendo ocorrido casos de discordância total das classificações dos três índices.

Os resultados obtidos para a classificação global da severidade de seca anual permitem concluir que ocorreram fenómenos de seca nos seguintes períodos:

- ✓ 1973/74 a 1975/76 (3 anos);
- ✓ 1980/81 (1 ano);
- ✓ 1982/83 (1 ano);
- ✓ 1985/86 e 1986/87 (2 anos);
- ✓ 1991/92 e 1992/93 (2 anos);
- ✓ 1994/95 (1 ano);
- ✓ 1998/99 (1 ano);
- ✓ 2002/03 e 2004/05 (3 anos);

No Quadro 4.20 são resumidos os anos de seca de acordo com a sua severidade (de acordo com a classificação global adoptada), sendo igualmente apresentados a probabilidade de ocorrência e o período de retorno associado a cada grau de severidade de seca.

Quadro 4.20 - Identificação da severidade de seca para os diferentes anos de seca e respectiva probabilidade de ocorrência do período de retorno (situações de seca da série de registos de 1967/68 a 2005/06)

<b>Classificação da severidade de seca para os vários nos secos encontrados</b>		
<b>Seca Moderada</b>	<b>Seca Severa</b>	<b>Seca Extrema</b>
1971/72	1973/74	1980/81
1975/76	1974/75	1982/83
1985/86	1991/92	1994-95
1986/87	1998/99	2004/05
1992/93		
2002/03		
2003/04		
<b>Probabilidade de ocorrência</b>		
18%	11%	11%
<b>Período de retorno (anos)</b>		
5	9	9

Mau grado ser de esperar que em condições normais as situações mais gravosas ocorram menos frequentemente, o Quadro 4.20 descreve que as secas severas ocorrem com a mesma frequência que as secas extremas. O facto poderá indiciar que o critério adoptado na classificação global de severidade não é conservativo, no entanto, dado a região ser favorável à ocorrência de episódios de seca, considera-se esta classificação válida para efeitos do desenvolvimento deste trabalho. As classificações dos limites dos graus de severidade de seca propostos para os diferentes índices encontram-se resumidos no Quadro 4.21.

Quadro 4.21 - Classificações de severidade de seca dos índices (NP, Decis e SPI) e a intensidade de seca

<b>Grau de Severidade</b>	
Próximo do Normal	$-0.675 < \text{SPI} \leq 0.675$
	Decis 5 e 6
Seca Moderada	$0.85 < \% \text{ NP} \leq 1.10$
	$-1.28 < \text{SPI} \leq -0.675$
	Decis 3 e 4
Seca Severa	$0.75 < \% \text{ NP} \leq 0.85$
	$-1.65 < \text{SPI} \leq -1.28$
	Decil 2
Seca Extrema	$0.5 < \% \text{ NP} \leq 0.75$
	$\text{SPI} \leq -1,65$
	Decil 1
	$\% \text{ NP} \leq 0.5$



### 4.3. CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE ALERTA

Como já referido anteriormente, a seca é um fenómeno natural que, poderá assumir características extremas. As suas características estão associadas a períodos de reduzida precipitação, períodos esses que poderão ser mais ou menos longos. No entanto, estes têm repercussões significativas nas várias actividades socio-económicas e nos ecossistemas, distinguindo-se ainda das restantes catástrofes por o seu desenvolvimento e progressão se processar de forma lenta e quase imperceptível. A ocorrência de fenómenos de seca pode mesmo prolongar-se por um período de tempo mais lato, e atingir proporções muito maiores e com recuperação muito mais lenta do que qualquer outro fenómeno natural extremo como exemplo as cheias.

A declaração formal de início de um episódio de seca é de difícil estipulação, sendo que a maioria das entidades responsáveis pela gestão dos recursos hídricos é extremamente cautelosa, efectuando-a, a maioria das vezes, tardiamente. Ou seja, muitas vezes constata-se já uma afectação das disponibilidades, com impactos significativos, quando tal acontece. Esta declaração tardia remete pois para o accionamento de medidas de emergência, não havendo uma política gradual de implementação das medidas que evite o cenário da crise. Por forma a permitir uma melhor gestão das situações de seca, com a adopção de medidas adequadas a cada fase de agravamento da seca, é necessário criar mecanismos específicos de acompanhamento e previsão da evolução da situação, que englobem a coordenação das medidas que se tornam necessárias ser implementadas, ou seja, devem criar-se planos de gestão de secas. No entanto, para fixar estes mecanismos e efectuar o acompanhamento e mitigação das secas, é necessário estabelecer “limites” que permitam declarar os vários níveis de alerta, que deverão remeter para níveis de intervenção adequados à severidade e duração da seca verificada. Ou seja, para permitir uma gestão mais eficaz de situações de seca, através da adopção de medidas adequadas a cada fase de agravamento de um fenómeno de seca, surge a necessidade de se estabelecerem patamares (fixados a partir de índices) de accionamento de níveis de alerta, que indicarão a necessidade de accionar medidas de mitigação adequadas aos impactos esperados.

A Fig. 4.9 esquematiza o encadeamento das várias fases a ter em consideração para a implementação das medidas de mitigação para um dado fenómeno de seca.

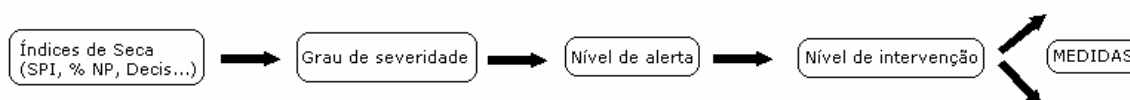


Fig. 4.9 – Esquema do encadeamento do presente trabalho para implementação das medidas adequadas em situações de seca

Assim, o presente capítulo pretende estabelecer uma relação entre o grau de severidade de uma seca (obtida pelo cálculo dos índices) e os níveis de alerta. No presente capítulo apresentam-se ainda exemplos de medidas que poderão ser implementadas em cada nível de intervenção accionado. Refere-se que o nível de intervenção é accionado em função do nível de alerta identificado.

#### 4.3.1. ATRIBUIÇÃO DE NÍVEIS DE ALERTA EM FUNÇÃO DO GRAU DE SEVERIDADE DE SECA

Os impactos decorrentes de um fenómeno de seca estão directamente relacionados com a duração, intensidade e extensão geográfica do fenómeno, dependendo igualmente das necessidades existentes para as diversas actividades humanas e ecossistemas existentes na região. Atendendo a todos estes

aspectos, vários índices têm sido utilizados para quantificar, padronizar e permitir a comparação entre situações de seca numa base temporal e espacial, sendo possível definir magnitudes de seca de acordo com a severidade de seca e sua duração. Em função desta magnitude serão accionados vários níveis de intervenção para mitigação dos impactos consequentes ao tipo de seca registado. No presente capítulo, a caracterização da magnitude da seca é efectuada através da análise da intensidade da seca com base nas condições meteorológicas da região (através do cálculo dos índices de seca NP, Decis e SPI), admitindo-se que a classificação da intensidade da seca é uniforme em toda a região em estudo.

A utilização de índices de seca é, assim, extremamente importante para a criação de um conceito mais perceptível e mais consolidado de severidade de seca e da sua magnitude. São precisamente os índices de seca que permitem criar e quantificar uma escala representativa e identificativa do grau de severidade de seca, permitindo um maior acompanhamento das situações de seca e sua previsão. A utilização de índices de seca possibilita ainda criar uma maior sensibilização e consciencialização do público em geral para a severidade real, pela facilidade na avaliação dos resultados.

Em países onde existe uma política desenvolvida de acompanhamento e previsão de situações de seca, os níveis de alerta são definidos com base nas classificações de um ou mais índices. Para o caso da bacia do Guadiana (parte portuguesa) procedeu-se a uma análise conjunta da classificação da intensidade de seca dos três índices considerados (NP, Decis e SPI), efectuando-se uma primeira correspondência entre a classificação dos índices de seca analisados e a intensidade de seca de cada ano hidrológico, de acordo com o apresentado já no capítulo 4 (ver Quadro 4.21).

A classificação dos níveis de alerta definida no presente estudo para a bacia do Guadiana (parte portuguesa) vem no seguimento de considerações adoptadas a nível nacional para a seca de 2005, na qual foram estipuladas na Resolução do Conselho de Ministros n.º 83/2005, quatro estados de alerta. Assim, partindo dos graus de alerta sugeridos, foram definidos três níveis de alerta de seca denominados por Pré-Alerta, Alerta e Emergência, para além do desejado estado de Normalidade.

O nível de **Normalidade** define-se para todas as situações em que não se verificam fenómenos de seca (grau de severidade de seca global próximo do normal).

O nível de **Pré-Alerta** é declarado quando se detectam sinais prenunciadores de seca persistente, desenvolvendo-se nesta fase o início de uma situação de seca, na qual se possa esperar que as disponibilidades sejam cada vez menores para fazer face às necessidades. A estes sinais está associada uma seca moderada.

Quando a situação de seca persiste e se verifica o seu agravamento (seca severa), o défice hídrico impõe a necessidade de serem impostas medidas restritivas de uso da água, declarando-se o estado de **Alerta**.

Finalmente, o nível de **Emergência** (accionado a maioria das vezes sem precedente de outros níveis, pois a declaração de seca por parte das entidades gestoras das reservas hídricas é a maior parte das vezes tardia), é declarado quando o agravamento e persistência do fenómeno de seca originam rupturas no abastecimento de água não estando garantido o mesmo se a seca persistir. Ocorre para situações de seca extrema.

No Quadro 4.22 apresenta-se a classificação de níveis de alerta em função dos graus da intensidade de seca dos três índices estudados, definida para a bacia em estudo.

Quadro 4.22 – Níveis de alerta e correspondente classificação de severidade de seca

Nível de Alerta	Grau de Severidade
Normalidade	Próximo do Normal
Pré-Alerta	Seca Moderada
Alerta	Seca Severa
Emergência	Seca Extrema

#### 4.3.2. DEFINIÇÃO DE NÍVEIS DE INTERVENÇÃO DE SITUAÇÕES DE SECA

A génese dos fenómenos de seca não é, na maioria das vezes perceptível, conduzindo a impactos socioeconómicos e ambientais (de acordo com a sua severidade e duração) que podem assumir proporções catastróficas. Assim, é de extrema importância criar mecanismos específicos de acompanhamento da evolução do fenómeno de seca, que permitam a definição, coordenação e implementação de medidas que se provejam necessárias implementar no futuro próximo. Estas medidas de prevenção/mitigação devem portanto ser adequadas à severidade e duração da seca da região (actual e previsível), medidas essas que são accionadas em função do nível de intervenção adequado ao nível de alerta verificado. Ou seja, identificado o nível de alerta de seca (em função da severidade de seca) são accionados níveis de intervenção que comportam medidas para mitigação dos efeitos esperados para a situação de seca actual ou prevista.

De seguida, apresenta-se uma caracterização dos níveis de intervenção e a correspondência dos mesmos com os níveis de alerta definidos. No entanto, a definição concreta dos níveis de intervenção adequados a cada fenómeno de seca e a correspondente coordenação das medidas a adoptar depende da extensão espacial afectada que pode ter início numa zona exterior à bacia, da duração do fenómeno e da intensificação da mesma. Deste modo, é conveniente que haja uma estrutura organizativa que assegure o acompanhamento permanente de situações de seca. Os níveis de intervenção que se propõem no presente projecto para a região da bacia do Guadiana são os níveis de intervenção sugeridos na Resolução do Conselho de Ministros n.º 83/2005 de 31 de Março (níveis de intervenção gerais). No entanto, efectuou-se uma alteração na designação numérica dos níveis de intervenção e na caracterização do primeiro nível de intervenção na qual, para o presente trabalho, se considera que o primeiro nível corresponde à situação de normalidade, ou seja, com reduzidos ou praticamente inexistentes indícios de ocorrência de seca. A esta situação deverão ser adoptadas medidas preventivas de preparação para eventuais situações de seca. Considera-se que a numeração dos níveis de intervenção deve iniciar em zero (nível 0), estado de normalidade, pois neste estado não se verifica propriamente um nível de alerta de seca. Há portanto uma certa lógica entre os níveis de alerta e os níveis de intervenção, sendo o primeiro nível de alerta de seca, de Pré-Alerta, correspondente ao nível de intervenção 1 e assim sucessivamente para os restantes níveis de alerta. No Quadro 4.23 apresenta-se a correspondência entre os níveis de alerta e os níveis de intervenção considerados.

Quadro 4.23 - Níveis de alerta e correspondentes níveis de intervenção

Nível de Alerta	Nível de Intervenção <sup>1</sup>
Normalidade	0
Pré-Alerta	1
Alerta	2
Emergência	3

A descrição genérica para cada um dos níveis de intervenção é a seguinte:

**Nível 0** - Ausência de sinais prenunciadores de seca persistente, devendo corresponder este nível a uma atitude pró-activa de prevenção. Adopção de medidas de sensibilização e educação para o uso eficiente da água;

**Nível 1** - Detecção de sinais prenunciadores de seca persistente. Entrada em "alerta de seca", prevendo-se o desencadeamento de medidas voluntárias que deverão ser dinamizadas pelas entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água com o apoio de estruturas específicas de acompanhamento e coordenação de medidas para mitigação dos efeitos da seca verificada;

**Nível 2** - Persistência e agravamento da situação de seca. Conduz à imposição de medidas restritivas de alguns usos da água;

**Nível 3** - Persistência e agravamento da situação de seca, provocando rupturas graves nos serviços de abastecimento, sendo necessário impor medidas de carácter excepcional.

#### 4.3.3. EXEMPLOS DE MEDIDAS A ADOPTAR (NÍVEIS DE INTERVENÇÃO)

Em 4.3.2 foram referidos tipos de medidas que cada nível de intervenção comporta, no entanto não são especificados exemplos destas medidas. Com o presente sub-capítulo apresentam-se algumas medidas, actividades e acções que podem ser postas em prática para prevenir e mitigar os impactos da seca em função do nível de intervenção accionado na região da bacia do Guadiana.

As medidas que se propõem a aplicar dentro de cada nível de intervenção são medidas de carácter nacional (medidas sugeridas na Resolução do Conselho de Ministros n.º 83/2005), apresentando-se igualmente alguns exemplos de medidas a implementar, específicas para a região.

#### Medidas de prevenção a adoptar nas situações de normalidade

**Nível 0** - Adopção de medidas de prevenção e sensibilização para o uso eficiente da água.

Medidas sugeridas na Resolução do Conselho de Ministros n.º 83/2005 para a seca de 2005:

- a) Melhoria da eficiência dos sistemas de abastecimento público, com a reparação de fugas visíveis, instalação de contadores e aumento de vigilância dos sistemas;

- b) Reutilização de águas para usos compatíveis (por exemplo, a lavagem de ruas e a rega de jardins públicos, acompanhadas de indicação das precauções sanitárias e infra-estruturas necessárias);
- c) Realização de campanhas de sensibilização adequadas às realidades locais. As campanhas para a poupança voluntária de água devem ser acompanhadas por acções de consciencialização do consumidor para a gravidade da situação, para a poupança que deve fazer, assim como identificar a forma de o conseguir. É de especial interesse recorrer à comunicação social regional, nomeadamente rádios locais, bem como à utilização de suportes de informação (ex. folhetos e autocolantes) para distribuição generalizada, em complemento da campanha nacional (caso exista). As campanhas de sensibilização devem focar, entre outros, os seguintes aspectos:
  - Redução de consumos desnecessários;
  - Racionalização de usos;
  - Melhoria das redes de abastecimento urbano;
  - Melhorias dos processos industriais e comerciais que requerem o uso da água;
  - Aumento da eficiência das regas;
  - Reutilização de água para usos compatíveis;
  - Desinfecção de águas de sistemas não públicos;
  - Eliminação de práticas que promovam a degradação da qualidade das massas de água naturais.

Outras Medidas sugeridas:

- d) Elaboração de um plano regional para gestão de situações de seca, com o objectivo de prevenir e minimizar os impactos decorrentes da existência de fenómenos de seca.
- e) Estabelecimento de um sistema de monitorização e alerta de secas;
- f) Avaliação rigorosa dos recursos hídricos existentes;
- g) Criação de reservas estratégicas de água de modo a amenizar as variações sazonais e anuais dos recursos hídricos;
- h) Realização de uma gestão integrada das águas superficiais e subterrâneas;
- i) Execução de sistemas de transferência de água inter-bacias hidrográficas, em zonas regularmente afectadas;
- j) Políticas de incentivos para a poupança de água;
- k) Realização de campanhas de sensibilização para o uso eficiente da água e da preservação da qualidade da água;
- l) Ensino de conceitos que permitam uma maior consciência para as situações de seca e para a necessidade do uso eficiente da água.
- m) Implementar operações de manutenção e limpeza aos reservatórios, para redução das perdas e evitar a degradação da qualidade da água;
- n) Instalação e manutenção de dispositivos de avaliação das disponibilidades hídricas (por exemplo, piezómetros e medidores limnígrafos) e de medição de volumes consumidos (caudalímetros);

- o) Inventário, actualização e manutenção das infraestruturas de abastecimento;
- p) Escalonamento das tarifas da água, penalizando os maiores consumidores;
- q) Controlo das cargas poluentes nos cursos de água;
- r) Incentivos à utilização de culturas mais resistentes à seca ou com menores exigências hídricas, e/ou de ciclos curtos;
- s) Incentivos à utilização de métodos e equipamentos de rega mais eficientes e à automação dos tempos de rega;
- t) Dar formação aos agricultores sobre o uso eficiente da água na agricultura, sobre as culturas mais apropriadas a disponibilidades hídricas reduzidas e sobre as técnicas de regadio mais eficazes;
- u) Promoção de seguros agrários;

### **Medidas Conjunturais de acompanhamento e mitigação dos efeitos das secas**

Tal como já referido, no presente estudo foram consideradas as medidas em função da intensidade da seca numa determinada fase do evento. Estas medidas passam por identificar soluções alternativas às das situações consideradas de normalidade, nomeadamente para o abastecimento das populações, para as culturas permanentes e pecuária, medidas de reforço do controle de poluição da água e, ainda, medidas de acompanhamento da situação e coordenação da aplicação das mesmas. Estas medidas serão implementadas a nível local e de forma gradual, acompanhando a severidade e duração da seca (ao longo de um ou mais anos), segundo níveis de intervenção adequados ao estágio de evolução da situação, que foram já apresentados anteriormente mas que se encontram mais especificados de seguida:

**Nível 1** – Desenvolvimento de acções limitativas de usos públicos e desencadeamento de medidas voluntárias.

Medidas sugeridas na Resolução do Conselho de Ministros nº 83/2005 para a seca de 2005:

- a) Redução do número de regas das zonas verdes (rega de sobrevivência);
- b) Encerramento de fontes decorativas;
- c) Redução de lavagem de ruas;
- d) Inventário e caracterização de origens de água particulares susceptíveis de complementar as origens dos sistemas públicos;
- e) Incremento da fiscalização nas áreas de protecção às captações;
- f) Limitações de usos não essenciais, designadamente: novos enchimentos de piscinas, lavagens de automóveis, regas de jardins privados e hortas com água da rede;
- g) Avaliação da carga piscícola nas albufeiras;
- h) Reforço da fiscalização de captações ilegais em albufeiras com usos determinados e das áreas de protecção para abastecimento público e da execução ilegal de captações de água subterrânea, nomeadamente em aquíferos mais vulneráveis, em termos quantitativos e qualitativos.

Outras Medidas sugeridas:

- i) Reutilização de água para usos compatíveis (apenas como exemplo a lavagem de ruas e a rega, acompanhadas de indicação das precauções sanitárias e infraestruturas necessárias);
- j) Intensificação da fiscalização e das penalizações por usos indevidos da água da rede pública, como lavagens com água dos marcos de incêndio, ligações ilegais, etc.;
- k) Accionar campanhas de informação aos agricultores sobre o desenvolvimento da seca e respectivos cuidados a ter;
- l) Adotar preços da água que induzam os agricultores a regar durante a noite;
- m) Emprego de culturas que facilitem a infiltração de água no solo como é o caso da maioria das forragens e de diversas culturas hortícolas;

**Nível 2** – Desenvolvimento de acções operacionais e imposição de medidas restritivas de alguns usos da água.

Medidas sugeridas na Resolução do Conselho de Ministros nº 83/2005 para a seca de 2005:

- a) Eliminação de lavagem de ruas;
- b) Adequação da frequência do controlo da qualidade da água;
- c) Adequação dos sistemas de tratamento à qualidade dos meios receptores ou das origens;
- d) Redução da pressão nos sistemas de abastecimento;
- e) Estabelecimento e divulgação de limites de consumos desejáveis (eficientes) para as diversas categorias de consumidores;
- f) Duplicação do valor da taxa a cobrar sobre consumos excedentes (aos desejáveis) durante o período de seca;
- g) Consignação de dotações para usos específicos;
- h) Remoção da carga piscícola excedentária nas albufeiras;
- i) Identificação de ETARs que possam receber águas residuais, ou outros locais de recepção destas águas.
- j) Eliminação ou diminuição das descargas em cursos de água que apresentem elevada vulnerabilidade à poluição, mediante a utilização de lagoas de retenção;
- l) Definição de origens das reservas estratégicas.

Outras Medidas sugeridas:

- m) Definição de origens das reservas de emergência;
- n) Criação de um piquete de emergência para ocorrer a interrupções no fornecimento;
- o) Limitações de usos não essenciais, como: novos enchimentos de piscinas, lavagens de ruas e viaturas e regas de jardins privados com água da rede;
- p) Restrições à realização de actividades náuticas e balneares em albufeiras;
- q) Aumento da frequência do controlo da qualidade da água nas albufeiras e cursos de água;

- r) Eliminação ou diminuição de descargas em cursos de água que apresentem elevada vulnerabilidade à poluição, mediante a utilização de lagoas de retenção;
- s) Não devolução à água de algumas espécies capturadas durante as provas de pesca desportiva;
- t) Criação de linhas de crédito bonificado para apoio ao sector agrícola, nomeadamente para o apoio à alimentação animal, por forma a compensar os custos acrescidos resultantes da escassez de pastagens e forragens, para compensar as quebras de produção resultantes das condições climatéricas adversas ou para disponibilizar meios financeiros necessários à realização de obras de hidráulica agrícola;

**Nível 3** - Desenvolvimento de acções operacionais e imposição de medidas de carácter excepcional.

Medidas sugeridas na Resolução do Concelho de Ministros nº 83/2005 para a seca de 2005:

- a) Redução dos períodos de abastecimento;
- b) Proibição de usos não essenciais, designadamente: novos enchimentos de piscinas, lavagens de automóveis, regas de jardins privados e hortas com água da rede.
- c) Fornecimento de água potável às populações através de auto-tanques nas situações de ruptura de abastecimento ou de redução da qualidade da água que o justifique;
- d) Penalizações por usos indevidos previamente divulgados;
- e) Transferência de efluentes não tratados originados a montante das captações para ETARs com capacidade para os receber ou para locais apropriados;
- f) Requisição de águas públicas, por interesse público;
- g) Requisição de águas privadas, por interesse público;
- h) Campanhas de fiscalização especiais e de carácter excepcional;
- i) Declaração de calamidade pública se a evolução da situação registar um agravamento tal que justifique a implementação de medidas de natureza excepcional e de último recurso para a mitigação dos efeitos da seca.

Outras Medidas sugeridas:

- j) Campanhas de fiscalização especiais e de carácter excepcional;
- k) Intensificar o uso de recursos não convencionais;
- l) Ajustes dos hábitos de consumo às restrições dos sistemas de abastecimento;
- m) Encerramento de fontanários e piscinas municipais;
- n) Proibição à realização de actividades náuticas e balneares em albufeiras;
- o) Criação de subsídios para a alimentação de animais reprodutores;

Caracterizados os níveis de intervenção e as respectivas medidas necessárias a implementar para mitigação dos efeitos da seca, para cada nível de alerta, pretende-se definir os limites de activação de cada nível de alerta (Capítulo 5). Pretende-se ainda criar cenários meteorológicos de seca, que permitam identificar os

níveis de alerta esperados para um qualquer ano hidrológico, em função das condições meteorológicas admitidas/previstas. Assim, aos níveis de alerta a identificar (Capítulo 5) deverão estar associados os níveis de intervenção e as medidas referidas no presente capítulo.

# 5

## CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS METEOROLÓGICOS DE REFERÊNCIA DE SITUAÇÕES DE SECA

### 5.1. INTRODUÇÃO

Com a caracterização dos cenários meteorológicos pretende-se avaliar de que modo o conhecimento das precipitações mensais acumuladas registadas em determinadas fases do ano hidrológico permite classificar o mesmo quanto à sua severidade seca e de que forma é que este conhecimento permite prever o nível de alerta que será necessário implementar. Ou seja, através do conhecimento das precipitações mensais acumuladas até determinado período de um ano hidrológico, e admitindo um dado comportamento para o restante ano, pretende-se através da ferramenta a propor no presente capítulo, prever atempadamente o tipo de medidas que se tornam necessárias implementar para mitigação dos impactos que venham a ocorrer. Estes cenários são definidos a partir da caracterização da evolução meteorológica das secas ocorridas na região. Será ainda efectuada uma análise para dois anos dos níveis de alerta a accionar. Finalmente refere-se uma avaliação comparativa entre medidas (e impactos) accionados na seca de 2004/05 e as medidas a implementar sugeridas pelo esquema de níveis de alerta proposto.

O esquema seguinte (Fig.5.1) é elucidativo do encadeamento do trabalho efectuado de forma a atingir os objectivos propostos e apresentados no capítulo 1.

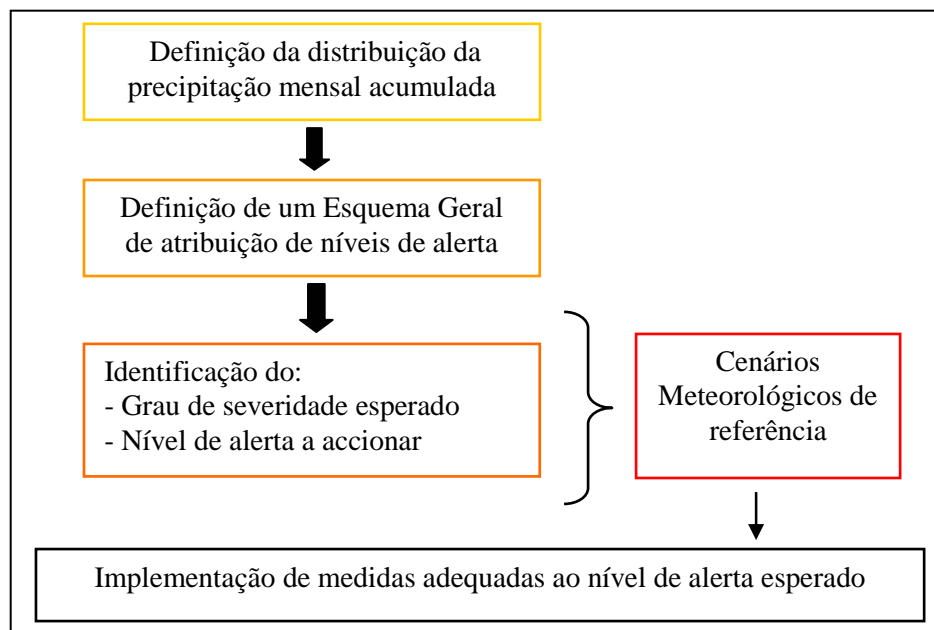


Fig. 5.1 – Encadeamento proposto para desenvolvimento dos objectivos propostos no presente trabalho

## 5.2. DEFINIÇÃO DA EVOLUÇÃO METEOROLÓGICA DA SECA EM FUNÇÃO DA SUA SEVERIDADE

A criação dos cenários meteorológicos de referência para avaliação dos impactos de um fenómeno de seca partirá de uma análise das precipitações mensais acumuladas dos anos de seca ocorridos na região em estudo (entre 1967/68 e 2005/06). Este conhecimento permitirá identificar os limites máximos de precipitação mensal acumulada para cada classe de severidade de seca, e que serão apontados como os limites máximos de accionamento dos vários níveis de alerta.

Para tal, conhecida a classificação global de severidade de seca da região nos vários anos estudados (identificada no Capítulo 4.4), será analisada para cada classe de severidade de seca, a envolvente máxima das precipitações mensais acumuladas. No Quadro 5.1, apresentam-se as precipitações mensais acumuladas para os vários anos estudados, de acordo com as correspondentes classes de severidade de seca.

Quadro 5.1 - Precipitação Acumulada dos vários anos estudados para cada classe de severidade

Severidade de Seca	Ano	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro
<b>Seca extrema (SE)</b>	80-81	51,3	117,9	120,5	122,7	144,2	187,5	249,3	268,6	278,1	278,2	280,3	310,3
	82-83	11,9	106,6	136,5	137,4	185,2	189,8	259,3	280,9	290,4	291,2	293,2	314,7
	94-95	34,7	87,2	122,4	159,1	205,8	229,8	250,4	269,8	283,7	288,2	288,7	298,1
	04-05	93,9	106,9	134,4	136,5	149,8	176,6	184,9	212,1	219,6	222,0	225,8	227,7
<b>Seca Severa (SS)</b>	73-74	20,9	55,5	123,2	167,5	223,1	289,0	363,5	380,3	406,0	406,1	406,1	406,4
	74-75	1,1	48,7	64,6	111,3	199,2	312,9	342,1	392,1	407,6	407,6	407,8	416,2
	91-92	69,4	78,0	133,2	163,0	183,1	203,3	254,6	283,2	333,9	335,4	342,8	362,6
	98-99	4,4	18,7	39,4	99,1	111,5	185,7	214,3	248,2	248,9	250,3	255,4	318,0
<b>Seca Moderada (SM)</b>	71-72	10,1	16,5	59,9	159,6	291,0	373,2	382,3	403,9	406,2	413,5	413,5	440,7
	75-76	17,0	35,7	128,9	155,8	215,0	258,9	344,8	362,9	385,4	390,4	406,8	475,8
	85-86	0,3	58,8	123,0	173,0	279,4	313,5	371,8	387,4	388,5	388,5	388,5	460,9
	86-87	43,5	87,9	115,2	221,7	307,3	323,4	394,8	399,0	404,5	425,7	445,2	472,2
	92-93	38,4	43,5	173,6	195,0	224,9	272,4	326,7	415,7	427,5	427,5	430,1	452,5
	02-03	54,2	121,5	207,3	251,1	317,9	352,5	412,1	419,7	421,3	422,9	424,7	429,9
	03-04	135,1	221,8	284,7	309,2	360,4	394,2	415,2	443,4	444,8	445,3	456,7	465,5
<b>Próximo do Normal (PN)</b>	67-68	112,5	231,4	247,4	248,4	406,0	497,3	527,1	547,9	562,7	563,2	577,7	586,8
	70-71	3,8	45,2	92,7	222,8	229,6	265,2	380,3	470,6	512,6	516,3	520,7	521,4
	72-73	142,7	179,8	261,8	334,7	354,9	380,6	386,1	450,5	481,3	486,9	487,4	487,8
	79-80	189,2	205,8	227,8	260,9	319,3	386,6	427,6	474,8	483,7	485,0	491,8	502,1
	81-82	18,5	20,3	198,6	269,2	310,1	348,4	381,2	386,0	390,5	402,3	417,5	478,7
	83-84	54,4	300,1	378,6	406,3	419,3	484,6	542,4	584,5	608,1	609,2	610,1	617,3
	84-85	48,6	160,2	215,0	358,9	455,8	464,5	542,2	577,3	591,0	594,8	594,8	600,3
	88-89	63,1	198,0	205,8	261,5	296,8	332,8	417,2	508,0	513,6	513,6	518,5	561,7
	90-91	103,0	166,1	216,1	238,1	325,8	413,0	460,2	461,1	479,9	480,2	480,2	498,2
	93-94	114,0	229,7	234,6	285,1	362,5	374,6	399,3	467,2	468,1	469,4	469,6	479,5
	99-00	129,4	154,4	194,8	212,5	219,5	249,0	382,8	462,8	465,0	466,0	466,8	477,1
	00-01	31,4	96,0	288,3	345,8	402,8	488,1	494,7	531,0	537,5	538,9	539,9	587,9
	01-02	77,4	118,6	178,8	230,6	244,4	328,5	391,7	408,2	411,4	412,4	414,9	480,9
05-06	99,5 7	190, 8	245, 8	293, 8	336, 1	401, 9	441, 1	446, 4	474, 4	480, 5	516, 3	537, 6	

Quadro 5.1. (continuação) - Precipitação Acumulada dos vários anos estudados para cada classe de severidade

Severidade de Seca	Ano	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro
<b>Húmido (H)</b>	68-69	26,0	187,7	282,0	415,2	588,1	725,1	759,6	806,9	847,6	848,8	849,0	888,0
	69-70	91,4	208,7	250,3	515,6	527,7	563,3	582,7	626,0	710,4	710,4	711,6	711,7
	76-77	86,2	154,8	314,5	450,8	569,1	580,8	587,0	592,3	629,2	637,4	639,0	651,8
	77-78	111,2	189,1	355,3	398,0	506,2	554,2	625,2	680,2	697,2	697,2	697,6	702,2
	78-79	48,6	110,7	268,7	424,3	559,3	623,5	703,0	712,0	717,5	734,3	734,7	756,3
	87-88	93,4	176,0	337,3	429,9	458,2	463,0	484,8	559,2	641,9	656,3	656,3	656,8
	89-90	158,0	331,1	632,1	675,3	680,7	725,7	851,9	867,7	868,6	868,6	870,8	876,4
	95-96	6,6	143,5	357,1	621,4	668,4	724,1	750,4	842,3	842,6	842,7	842,8	879,6
	96-97	31,5	75,1	320,6	441,4	445,1	445,1	495,0	548,5	579,3	594,5	612,6	641,4
	97-98	55,9	328,7	449,4	500,2	562,9	574,1	606,7	694,8	697,3	697,3	697,4	756,3

A Figura 5.2 apresenta as curvas das precipitações acumuladas correspondentes à mesma série de anos. A cada ano corresponde uma cor, de acordo com a classe de severidade correspondente, em conformidade com o critério de cores referido no Quadro 5.1.

Para além da cor, a legenda da Fig. 5.2 identifica cada ano com uma abreviatura simplificada da severidade de seca correspondente, também em conformidade com o critério utilizado no Quadro 5.1.

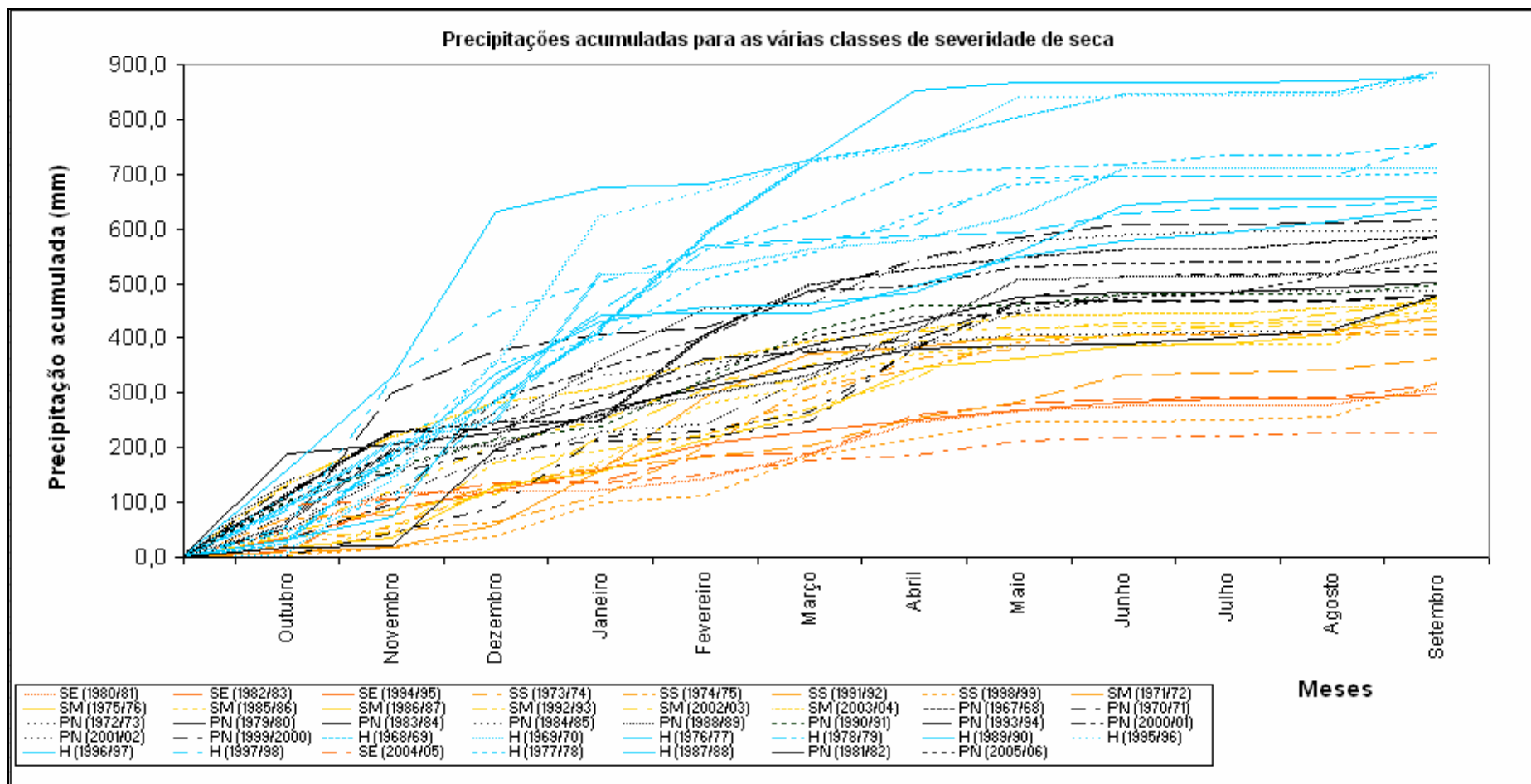


Fig. 5.2 – Precipitações mensais acumuladas dos vários anos (classificados de acordo com a severidade de seca obtida na avaliação anual dos índices)

Refira-se que as precipitações mensais indicadas no Quadro 5.1 e Fig. 5.2 são precipitações acumuladas no final de cada mês. A análise da Figura anterior, ainda que aparentemente algo confusa, permite constatar:

- a existência de distintos patamares de precipitação (sobretudo nos últimos meses do ano hidrológico), correspondentes às várias classes de intensidade de seca sendo bem visível que para as classes de seca menos gravosas (classes húmida e próximo do normal) se verificam os maiores valores de precipitação mensal acumulada;
- a presença de uma grande heterogeneidade na precipitação ocorrida entre o semestre húmido (até finais de Março) e o semestre seco (entre Abril e Setembro), bem perceptível pela análise da inclinação das curvas para os semestres húmido e seco (inclinação mais acentuada das curvas dos meses mais húmidos, Outubro a Abril, em especial para as classes de seca menos gravosas);
- que até finais do mês de Janeiro não é perceptível uma distinção clara entre os vários anos (classificados de acordo com a sua severidade de seca) das precipitações mensais acumuladas. Ou seja, para os primeiros quatro meses do ano hidrológico, não se distingue uma distribuição clara das precipitações mensais acumuladas entre as diferentes classes de severidade de seca.
- que apenas a partir do segundo trimestre húmido (de Fevereiro a Março) se começam a distinguir, de forma mais objectiva, as precipitações mensais acumuladas para os diferentes graus de intensidade de seca;

Para uma melhor percepção da máxima precipitação mensal acumulada em cada classe de severidade (Quadro 5.1) para posterior traçado da envolvente, foram individualizadas, por classe, as várias curvas de precipitação acumulada, apresentadas nas Figs. 5.3 a 5.7.

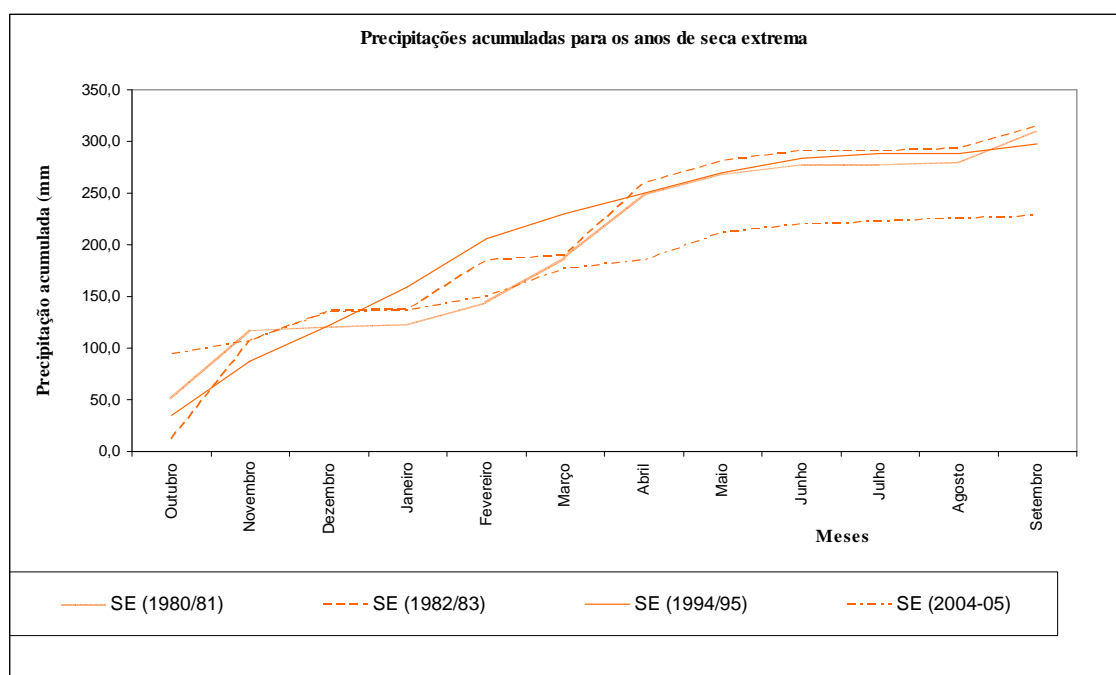


Fig.5.3 – Precipitações mensais acumuladas para os anos de seca extrema

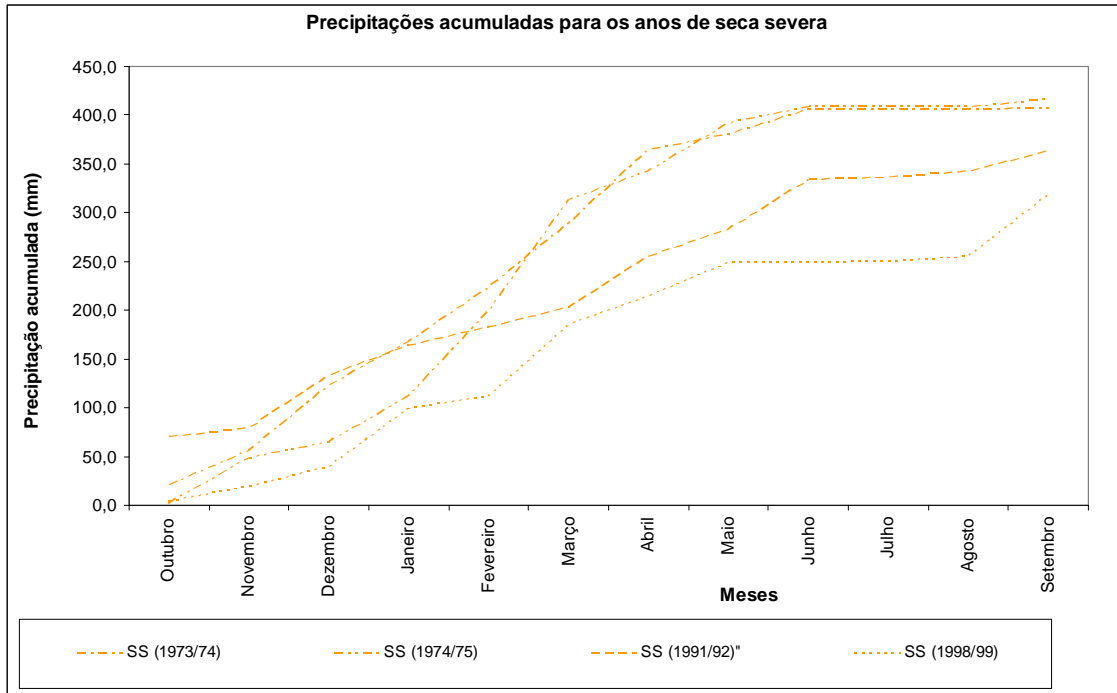


Fig.5.4 – Precipitações mensais acumuladas para os anos de seca severa

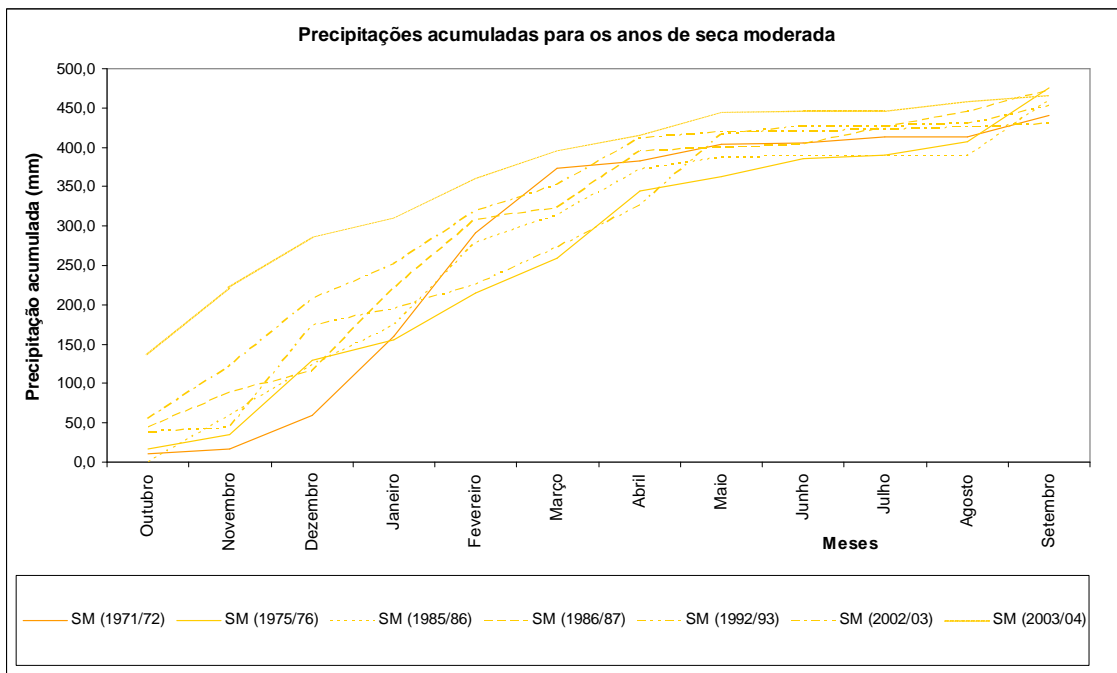


Fig.5.5 – Precipitações mensais acumuladas para os anos de seca moderada

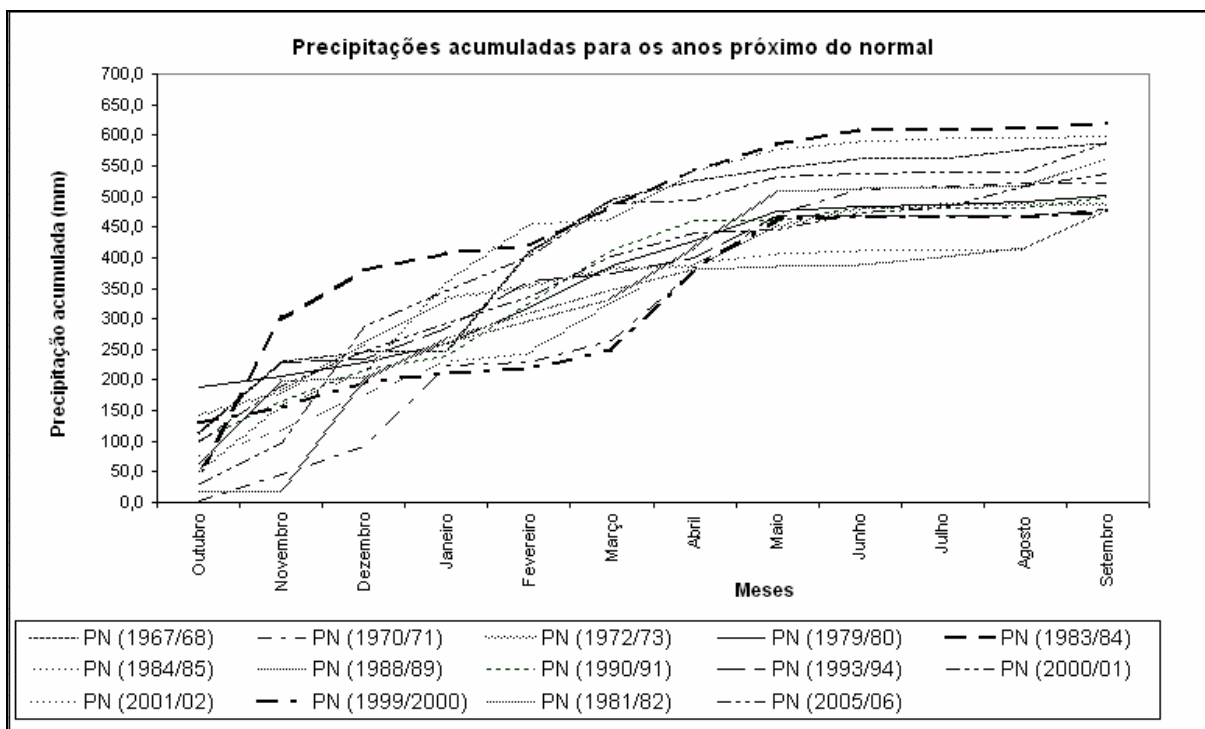


Fig.5.6 – Precipitações mensais acumuladas para os anos próximos do normal

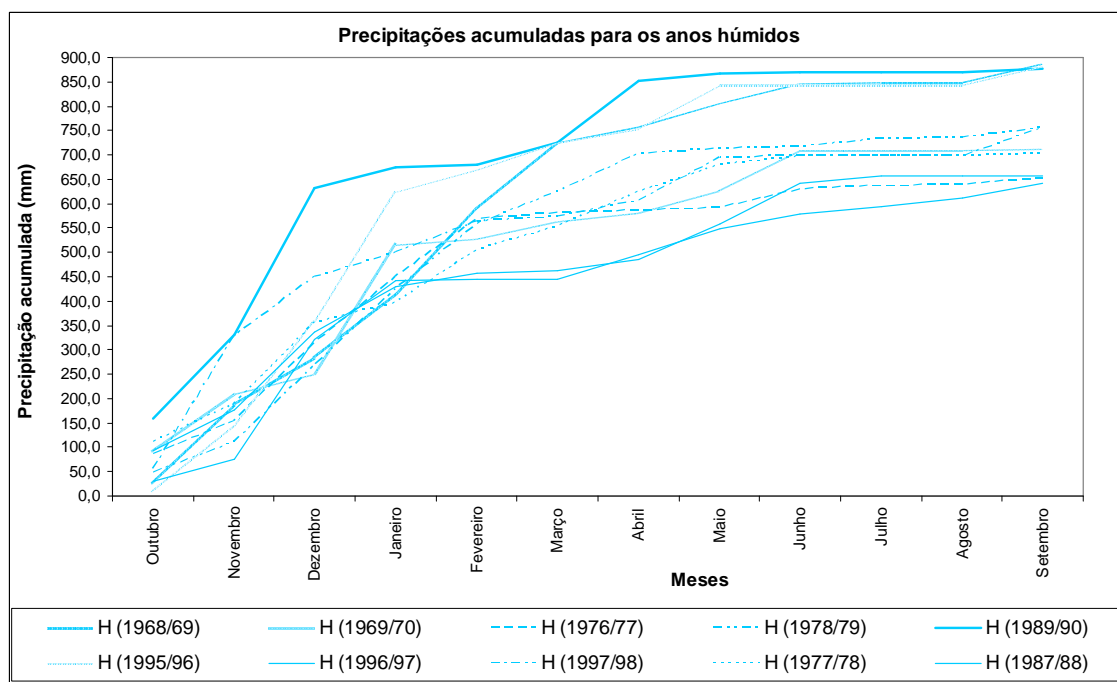


Fig.5.7 - Precipitações mensais acumuladas para os anos húmidos

A análise dos gráficos anteriores permitirá identificar mais facilmente, para cada classe, a envolvente máxima da precipitação mensal acumulada. No entanto, efectuando uma análise cuidada das curvas de precipitação acumulada obtidas para cada classe considerou-se que a envolvente da seca moderada não deverá ser representada pela curva máxima de precipitação mensal acumulada (ano 2003/04), pois

comparando as precipitações mensais deste ano com as precipitações mensais de anos próximo do normal ou húmidos, apenas no semestre seco ocorreu uma redução significativa da precipitação. O ano 2003/04 não apresenta um comportamento representativo da precipitações máximas expectáveis de ocorrer numa seca moderada. Deste modo a envolvente máxima da seca moderada foi definida com base da precipitação mensal acumulada dos restantes anos classificados (no cálculo dos índices) como sendo desta classe de seca e apresentados na Fig.5.5. Os anos considerados para o traçado das referidas envolventes encontram-se identificados nos Quadros 5.2, juntamente com a respectiva precipitação mensal acumulada (Quadro 5.3). Refere-se, a importância do conhecimento da precipitação acumulada no final do mês e não o seu desenvolvimento.

Quadro 5.2 - Anos considerados no traçado da envolvente das máximas precipitações acumuladas para cada classe de severidade

Classificação da Severidade de Seca	Anos
Seca Extrema	1980/81; 1982/83; 1994/95 e 2004/05
Seca Severa	1973/74; 1974/75 e 1991/92
Seca Moderada	1971/72, 1986/87, 1992/93, 2002/03 e 2003/04

Quadro 5.3 - Máximas precipitações mensais acumuladas para o traçado da envolvente máxima de cada classe de severidade de seca

	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
<b>Seca Moderada</b>	<b>02/03</b>					<b>71/72</b>	<b>02/03</b>	<b>92/93</b>	<b>86/87</b>		<b>03/04</b>	
	54,2	121,5	207,3	251,1	317,9	373,2	412,1	419,7	427,5	425,7	445,2	465,5
<b>Ano</b>	<b>91/92</b>			<b>73/74</b>		<b>74/75</b>	<b>73/74</b>	<b>74/75</b>				
<b>Seca Severa</b>	69,4	78,0	133,2	167,5	223,1	312,9	363,5	392,1	407,6	407,6	407,8	416,2
<b>Ano</b>	<b>04/05</b>	<b>80/81</b>	<b>82/83</b>	<b>94/95</b>			<b>82/83</b>					
<b>Seca Extrema</b>	93,9	117,9	136,5	159,1	205,8	229,8	259,3	280,9	290,4	291,2	293,2	314,7

A Fig. 5.8 apresenta o gráfico das precipitações acumuladas correspondentes aos anos considerados nas envolventes das diferentes classes de severidade de seca (referidos no Quadro 5.2) e as correspondentes envolventes (valores do Quadro 5.3).

A Fig. 5.9 resume o traçado não só dessas três envolventes mas também das cinco classes de severidade.

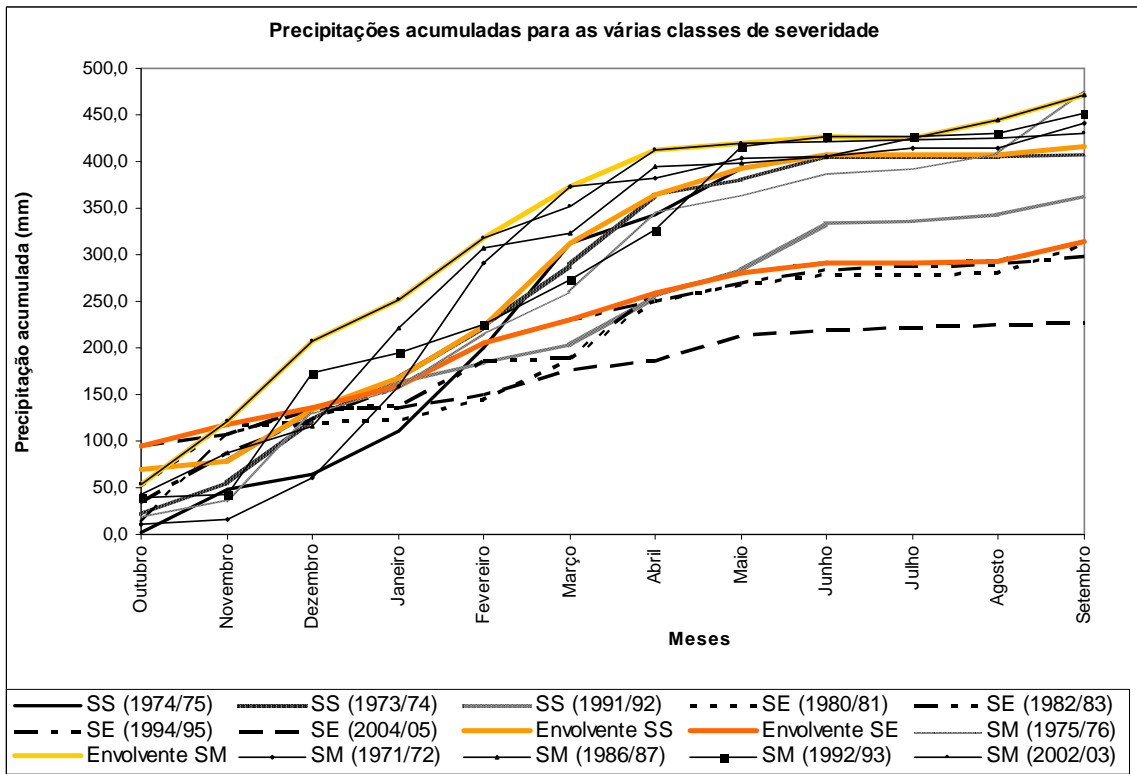


Fig. 5.8 - Curvas das precipitações mensais acumuladas para os vários anos referidos no Quadro 5.2 e envolvente das máximas precipitações mensais acumuladas para as classes de seca (seca moderada (SM), seca severa (SS) e seca extrema (SE))

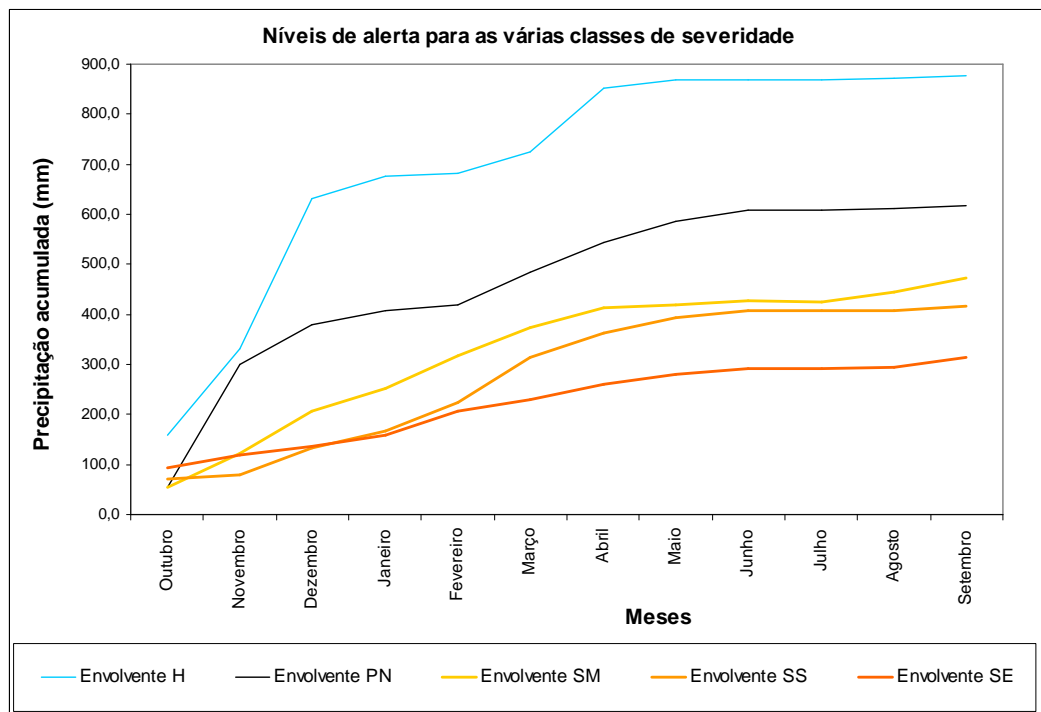


Fig.5.9 – Envolvente máximas para as várias classes de severidade (húmido (H), próximo do normal (PN), seca moderada (SM), seca severa (SS) e seca extrema (SE)).

Como se pode constatar pela análise do gráfico anterior, e tal como já foi referido anteriormente na análise conjunta das curvas das precipitações acumuladas dos vários anos estudados (curvas dispostas na Fig. 5.2.), apenas a partir do final do mês de Janeiro (ocorrida já parte da estação do Outono e parte do Inverno) começa a ser visível a distinção das precipitações mensais acumuladas entre as diferentes classes de severidade de seca. Apenas no final do Inverno são perceptíveis as diferenças das precipitações mensais acumuladas para as classes de seca severa e seca extrema sendo prematuro classificar e distinguir um ano de seca extrema e seca severa a partir das precipitações acumuladas dos primeiros quatro meses.

Sendo que para definir os níveis de alerta a serem implementados na região a partir da análise da precipitação se considera apenas necessário analisar as envolventes máximas das precipitações acumuladas para as classes de seca (seca moderada, severa e extrema), todos os valores de precipitação acumulada em qualquer mês do ano hidrológico que se apresentem com valores superiores aos definidos pela envolvente máxima da seca moderada, são classificados como meses húmidos ou com precipitação mensal acumulada próxima do normal.

As curvas obtidas e apresentadas na Figura 5.8 e 5.9 são curvas “teóricas” na medida em que nunca ocorreram na realidade mas que representam o máximo valor de precipitação mensal acumulada já verificado em todos os meses do registo histórico estudado (39 anos). Esta consideração permite uma margem de segurança para a activação preventiva dos níveis de alerta ao longo de um ano hidrológico.

### **5.3. ESQUEMA GERAL DE ALERTA DE SECAS**

O principal objectivo do presente projecto é, como já foi referido anteriormente, definir cenários meteorológicos de referência para avaliação dos impactos de uma seca. Para tal, será desenvolvido um esquema que permita identificar, a partir do conhecimento da precipitação acumulada num dado mês do ano hidrológico, os níveis de alerta necessários a accionar para mitigação dos impactos decorrentes da severidade de seca verificada. Assim, é fundamental determinar o modo como a precipitação mensal acumulada pode variar ao longo do ano hidrológico. A grande vantagem do conhecimento de um esquema geral de alerta de secas é, conhecida a precipitação acumulada numa dada fase do ano hidrológico e admitindo uma dada evolução da mesma para o restante ano, poder efectuar uma previsão dos níveis de alerta esperados a accionar ao longo do ano, que reflectam a severidade de seca verificada.

Para caracterizar os cenários meteorológicos de referência para avaliação dos impactos de uma seca é necessário:

- ✓ Definir os limites de activação dos níveis de alerta (a partir das precipitações mensais acumuladas);
- ✓ Caracterizar a evolução da precipitação mensal acumulada.

Refere-se ainda que para caracterizar os cenários pretendidos, deve ter-se em consideração que a atribuição dos níveis de alerta deve ser evolutiva no tempo, ou seja, o nível de alerta a accionar é variável ao longo do ano hidrológico. Atendendo ao aspecto enunciado, foram consideradas duas análises intermédias na definição dos níveis de alerta. A consideração destas fases intermédias de análise das precipitações teve por base dois aspectos:

(i) o entrelaçamento das curvas da precipitação acumulada nos primeiros quatro meses do ano hidrológico para as várias classes de severidade de seca;

(ii) os procedimentos considerados no Programa de Vigilância e Alertas de seca do INAG, desenvolvido na Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos (DSRH) no âmbito da monitorização de secas meteorológicas.

O Programa de Vigilância e Alertas de seca do INAG estabelece quatro datas ao longo do ano hidrológico para avaliação de secas e sua severidade: duas análises intermédias da potencial seca em finais de Janeiro e Março (correspondendo à precipitação ocorrida no Outono e semestre húmido, respectivamente), outra em Maio que permite a confirmação da severidade de seca do ano e, finalmente, uma última no final de Setembro onde é efectuada uma análise estatística das precipitações ocorridas para o ano hidrológico decorrido. A Figura 5.10 representa o esquema de monitorização das secas adoptado pelo INAG.

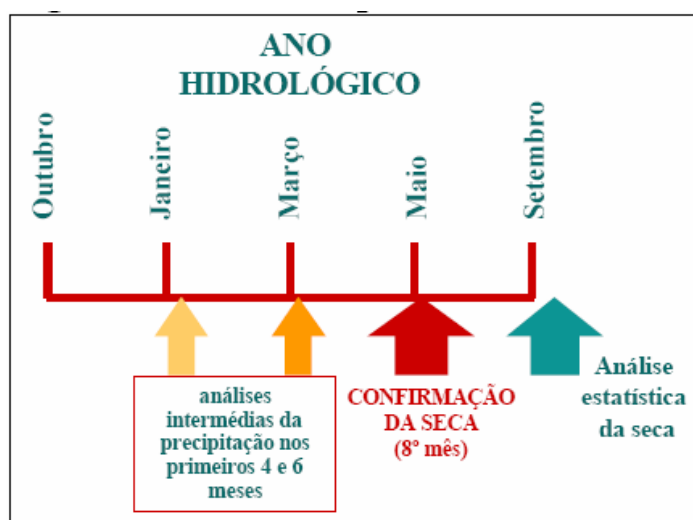


Fig. 5.10 – Análises preconizadas pelo INAG-DSRH no âmbito da monitorização de secas meteorológicas (Fonte: Programa de Vigilância e Alerta de Secas, INAG)

Estas quatro datas de avaliação das precipitações ao longo do ano hidrológico utilizada para monitorização das secas, foram definidas desta forma para atender ao regime pluviométrico do território continental (semestre húmido e semestre seco) e para atender aos períodos mais críticos da avaliação das reservas hídricas para determinados usos, nomeadamente nos meses mais secos onde a disponibilidade é menor face a uma tendência do aumento da necessidade (para fins agrícolas e outros).

No presente estudo, para definição dos níveis de alerta, consideram-se apenas duas análises intermédias, uma em finais de **Janeiro** que deverá reflectir e caracterizar o período do Outono (avalia as precipitações ocorridas entre Outubro e Janeiro) e outra em finais de **Março**, permitindo uma análise do semestre húmido, Outono e Inverno (Fig. 5.11).

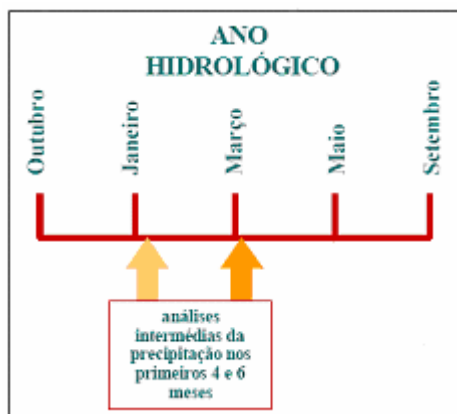


Fig. 5.11 – Análises sugeridas para elaboração do esquema geral de alerta de secas proposto

Com o esquema geral de alerta de secas a propor pretende-se assim que, conhecida a precipitação acumulada até Janeiro ou Março e admitida uma dada evolução da precipitação para o restante ano hidrológico, seja possível conhecer as medidas a accionar face ao grau de severidade esperado. Esta ferramenta poderá eventualmente servir de apoio às entidades responsáveis pela gestão de recursos hídricos, sendo que este sistema de previsão permite uma primeira aproximação do nível de alerta que deverá ser aplicado a nível regional.

### 5.3.1. DEFINIÇÃO DOS LIMITES DE ACTIVAÇÃO DOS NÍVEIS DE ALERTA (PARA UM ANO HIDROLÓGICO)

Conhecidos os limites máximos da precipitação mensal acumulada de cada classe de severidade de seca (envolventes máximas para cada classe de severidade, definidas no Capítulo 5.2) pretende-se atribuir níveis de alerta adequados à intensidade de seca verificada num dado mês do ano hidrológico. No entanto deve ter-se sempre presente que a atribuição de níveis de alerta em situações de seca poderá depender da severidade de seca de anos anteriores e que a aplicação dos níveis de alerta sugerida é apenas baseada na análise das precipitações.

A sequência de anos secos será abordada no ponto 5.3.3.

Assim, analisaram-se as envolventes máximas obtidas (Fig. 5.9) para diferentes períodos de análise do ano hidrológico e, tendo em atenção uma atribuição dinâmica dos níveis de alerta no tempo, definiram-se os seguintes níveis de alerta para os vários períodos do ano hidrológico.

#### **Período de análise: Outubro a Janeiro**

O primeiro período, entre Outubro e finais de Janeiro (analisa parte do período do Outono e parte do período de Inverno), não apresentam uma distinção clara entre as envolventes correspondentes a seca severa e extrema (a análise das precipitações acumuladas nestes meses é ainda precoce e pouco representativa da realidade a nível de intensidade de seca esperada para o ano hidrológico), pelo que se considera que apenas deverá ser possível distinguir níveis de **Pré-alerta** ou de **Normalidade**. No entanto apesar de ser possível identificar o nível de alerta a accionar para este período, este conhecimento não apresenta uma elevada importância, pois trata-se ainda de uma análise prematura da severidade de seca que se pode esperar no restante ano, não fazendo sentido nos primeiros quatro meses activar níveis de alerta demasiado elevados.

### **Período de análise: Fevereiro e Março**

A progressão das precipitações acumuladas entre Fevereiro e Março, permite já distinguir três níveis de alerta, o de Normalidade, o de Pré-Alerta e o de Alerta. O nível de **Normalidade** corresponde à não ocorrência de quaisquer problemas de seca (a precipitação acumulada no final dos meses compreendidos neste período apresentam-se com valores superiores à envolvente máxima da seca moderada). O nível de **Pré-alerta** é accionado no caso de se verificarem secas moderadas ou severas (o défice prolongado de precipitação para o semestre húmido, semestre responsável pela maior percentagem de queda de pluviosidade, é já um bom indicador dos mecanismos atempados que deverão ser accionados), tendo como limite superior a envolvente máxima da seca moderada e como limite inferior a envolvente máxima da seca extrema. Por se tratar da análise da precipitação ocorrida em apenas metade do ano hidrológico é prematuro accionar mecanismos de emergência, pois o défice de precipitação pode ser recuperado nos restantes meses do ano hidrológico (sobretudo nos meses de Primavera) reduzindo a sua intensidade de seca, pelo que se define apenas a possibilidade de ser accionado o nível de **Alerta**. Este nível deverá ser accionado caso se verifique que a precipitação acumulada entre os meses de Fevereiro e Março, é inferior à envolvente máxima da seca extrema.

### **Período de análise: Abril a Setembro**

Finalmente, a análise das precipitações acumuladas para os meses mais secos, de Abril a Setembro permite identificar os quatro níveis de alerta referidos no Capítulo 5. Assim à envolvente máxima de cada classe de severidade de seca (envolvente das secas moderada, severa e extrema) está associado o correspondente nível de alerta. Ou seja, entre Abril e Setembro, para precipitações acumuladas superiores à envolvente máxima da seca moderada não é identificado qualquer nível de intervenção (**Normalidade**). Caso as precipitações acumuladas no final de um qualquer mês do referido período de análise se situem entre a envolvente máxima da seca moderada e a envolvente máxima da seca severa deverá ser accionado o nível de **Pré-alerta**. Para precipitações acumuladas nos finais dos meses de Abril a Setembro, identificativas de seca severa (precipitações acumuladas entre as envolventes máximas de seca moderada e severa), deverá ser accionado o nível de **Alerta**. Caso as precipitações acumuladas nos meses do período em análise se classifiquem como de seca extrema, deverá ser accionado o nível de **Emergência**. O final do ano deverá ser representativo do défice geral da precipitação ocorrida no ano hidrológico, reflectindo-se este défice numa classificação da severidade de seca final que poderá variar entre o estado de normalidade e o estado de seca extrema.

Atendendo ao referido anteriormente foi possível estabelecer, a partir das envolventes máximas para cada classe e dos períodos de análise intermédia, o esquema de níveis de alerta evolutivo no tempo (análise dinâmica dos níveis de alerta) apresentado na Fig. 5.12.

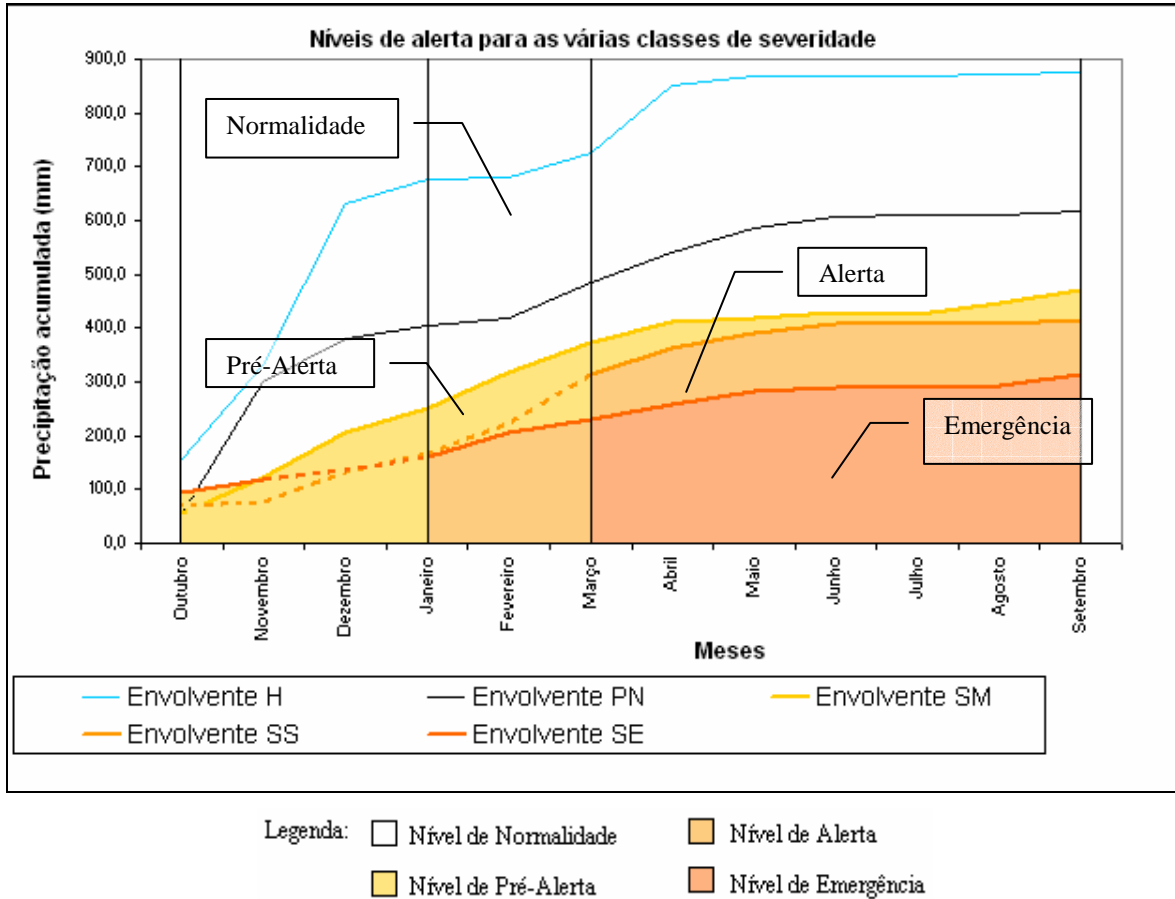


Fig. 5.12 – Esquema Geral de atribuição de níveis de alerta (base anual)

As curvas apresentadas são as curvas do limite máximo das precipitações acumuladas expectáveis ocorrer para cada classe de severidade de seca e em cada fase da avaliação intermédia de seca. Estas curvas permitem accionar níveis de alerta para minimização dos impactos em função da severidade do fenómeno de seca que estiver a decorrer.

No Quadro que segue (Quadro 5.4) são resumidas as precipitações máximas acumuladas no final de cada mês, e que servem de referência ao accionamento dos diferentes níveis de alerta.

Quadro 5.4 – Máxima precipitação mensal acumulada de referência para a atribuição de níveis de alerta

Precipitação Mensal máxima acumulada no final do mês nos diferentes períodos de análise														
Meses				Nível de Alerta	Meses		Nível de Alerta	Meses						Nível de Alerta
Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro		Fevereiro	Março		Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	
93,9	121,5	136,5	167,5	Pré-Alerta (Envolvente SM)	360,4	394,2	Pré-Alerta (Envolvente SM)	415,2	443,4	444,8	445,3	456,7	475,8	Pré-Alerta (Envolvente SM)
					205,8	229,8	Alerta (Envolvente SE)	363,5	392,1	407,6	407,6	407,8	416,2	Alerta (Envolvente SS)
								259,3	280,9	290,4	291,2	293,2	314,7	Emergência (Envolvente SE)

### 5.3.2. CARACTERIZAÇÃO DA EVOLUÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MENSAL ACUMULADA

Conhecido o esquema geral de alerta para fenómenos de seca de um ano hidrológico, pretende-se numa primeira abordagem, analisar e compreender quais os possíveis níveis de alerta que se podem esperar para diferentes evoluções da precipitação mensal acumulada entre Fevereiro e Setembro.

Refira-se que o esquema geral de níveis de alerta foi traçado tendo em conta dois pontos intermédios fundamentais de análise das precipitações, na medida em que permitem uma análise do período do Outono (entre Outubro e Janeiro) e uma análise do semestre húmido (entre Outubro e Março). Para cada um destes períodos, poderão ser formulados cenários da possível evolução da precipitação mensal acumulada, que introduzidos no esquema geral de alerta de secas proposto (Fig.5.12), permitem prever o nível de alerta a accionar nos restantes meses do ano hidrológico. Os períodos de análise das precipitações entre Outubro e Janeiro ou entre Outubro e Março revelam-se essenciais para o apoio à gestão das reservas hídricas; podendo a previsão do nível de alerta a accionar ser efectuada para qualquer mês do restante ano hidrológico, desde que seja conhecida, no mínimo, a precipitação mensal acumulada até Janeiro ou Março.

No presente capítulo serão apenas referidas ao pormenor as evoluções das precipitações mensais acumuladas a partir do quarto e sexto meses, fases intermédias fundamentais para o apoio à gestão das reservas hídricas e preparação de meios económicos, estruturais, conjunturais ou de outro tipo, para prevenção dos efeitos da possível seca. No entanto, em Anexo (Anexo IV) e numa fase posterior do presente trabalho, far-se-á referência à análise da evolução da precipitação a partir de diferentes meses que não os de Janeiro e Março.

Nesse contexto, a projecção da precipitação acumulada para os restantes meses de um ano hidrológico poderá seguir diversas evoluções que se caracterizam por diferentes percentis, representando-se deste modo diferentes cenários da evolução da precipitação no remanescente do ano hidrológico. Nos diferentes cenários caracterizadores das diferentes possíveis distribuições sazonais, podem considerar-se as distribuições mensais acumuladas da precipitação definidas pelos percentis 10 a 100 da precipitação mensal acumulada para o período de previsão a analisar.

No presente trabalho pretende-se, no entanto, dar maior ênfase à análise da evolução das precipitações mensais acumuladas para o período de Fevereiro a Setembro ou Abril a Setembro para situações de seca. Assim, considera-se que a precipitação mensal acumulada pode seguir a distribuição dos percentis 10 a 40, pois estes serão representativos de fenómenos de seca. Esta consideração parte da classificação dos Decis (apresentada no Capítulo 4) para os fenómenos de seca. No seu cálculo, para valores inferiores ao Decil 4, iniciavam-se fenómenos de seca: percentis inferiores a 10% seriam identificativos de uma situação de seca extrema; percentis inferiores a 20% identificativos de seca severa; e percentis inferiores a 30% e 40% identificativos de seca moderada.

Apresenta-se ainda a evolução da precipitação segundo o percentil 50 por se este ser já representativo de uma situação de normalidade.

Portanto, ao valor da precipitação mensal acumulada verificado entre Outubro e Janeiro/Março do ano em análise, deverá ser adicionado o valor de precipitação acumulada caracterizado por um dado percentil, para o período de Fevereiro/Abril a Setembro. Assim, para os períodos de análise referidos (de Fevereiro a Setembro ou de Abril a Setembro) os cenários de distribuição da precipitação acumulada mensal a caracterizar a título exemplificativo são:

- ✓ **Cenário 1:** A evolução da precipitação segue o percentil 10 das precipitações acumuladas;
- ✓ **Cenário 2:** A evolução da precipitação segue o percentil 30 das precipitações acumuladas;

✓ **Cenário 3:** A evolução da precipitação segue o percentil 50 das precipitações acumuladas;

Deste modo, através dos diferentes cenários é possível efectuar uma previsão dos níveis de alerta necessários a accionar entre Fevereiro e Setembro, admitindo que a precipitação mensal acumulada segue um dos percentis referidos.

Poderão igualmente ser avaliados os níveis de alerta do período de Abril a Setembro para as diferentes distribuições de precipitação acumulada (distribuição da precipitação definida segundo os percentis 10, 30 e 50). Esta previsão das precipitações acumuladas para o semestre seco permite a confirmação ou correcção da atribuição dos níveis definidos anteriormente (nos cenários que admitiam para o período de Fevereiro a Setembro distribuições de precipitação acumulada segundo os mesmos percentis).

De seguida, apresentam-se os vários passos considerados na definição dos percentis da precipitação mensal acumulada para os dois períodos de análise referidos. Tal como anteriormente, foi considerada para a bacia hidrográfica do rio Guadiana (parte portuguesa) a série temporal da precipitação de 1 de Outubro de 1967 a 31 de Setembro de 2006. Posteriormente foram definidos os percentis da precipitação acumulada mensal para os períodos de Fevereiro a Setembro ou de Abril a Setembro. Assim, conhecida a precipitação acumulada no final dos meses de Janeiro e Março, respectivamente, é possível fazer uma previsão do nível de intervenção necessário a implementar, a partir do conhecimento das projecções de potenciais evoluções pluviométricas que possam vir a ocorrer nos períodos referidos.

A análise das precipitações acumuladas de Fevereiro a Setembro e de Abril a Setembro ocorridas entre os anos hidrológicos de 1967/68 a 2005/06 permitiu definir os percentis de precipitação acumulada mensal que seguem representados nos Quadros 5.5 e 5.6 e Figuras 5.13 e 5.14, que a seguir se apresentam.

Quadro 5.5 – Precipitações acumuladas mensais a partir do mês de Fevereiro, para diferentes percentis de precipitação (valor a somar à precipitação acumulada no final do mês de Janeiro)

Percentil	Precipitações acumuladas correspondentes a cada percentil (mm)							
	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro
10	11,1	40,3	64,7	114,8	137,4	148,2	151,8	173,1
20	13,6	49,4	106,2	132,2	154,5	154,8	165,7	195,4
30	24,2	71,0	117,8	147,1	179,4	182,8	184,4	201,1
40	42,1	78,5	132,5	177,7	192,0	193,6	195,6	220,4
50	51,2	89,5	155,7	192,4	201,8	204,0	215,5	241,3
60	59,1	102,5	163,7	212,3	222,5	226,0	230,0	250,5
70	79,9	119,5	175,2	219,8	236,1	237,5	240,7	259,4
80	91,5	141,2	197,1	245,1	248,8	252,7	254,0	292,2
90	120,9	199,7	227,9	281,1	293,8	296,9	298,3	307,9
100	172,9	309,8	344,4	391,7	432,4	433,5	433,7	472,8

**Nota:** a amarelo apresentam-se os valores a utilizar no presente estudo

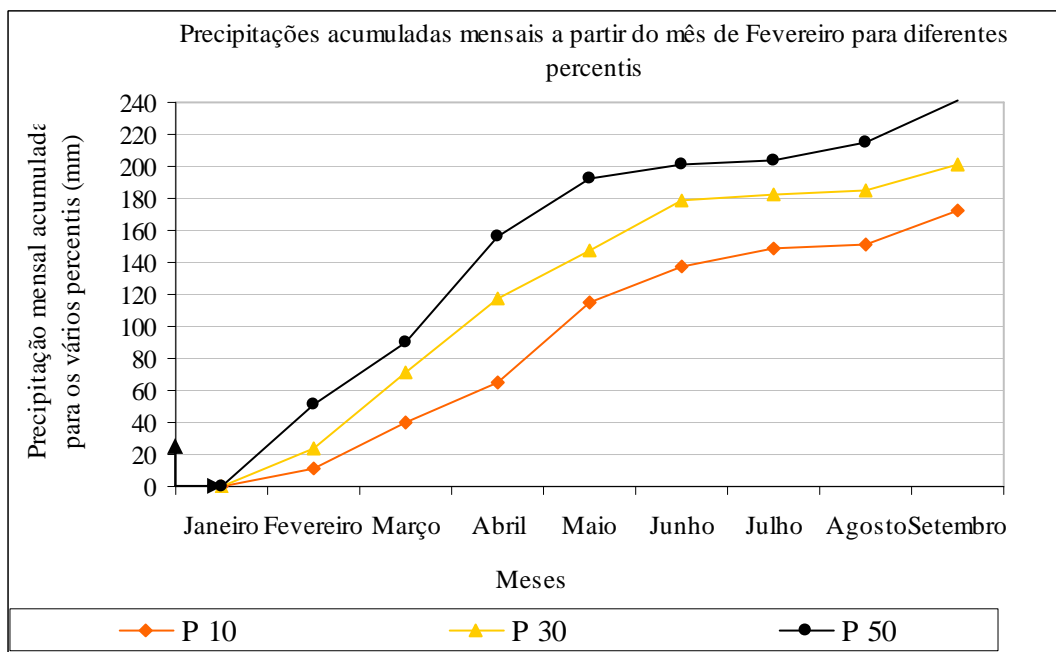


Fig. 5.13 – Percentis das precipitações mensais acumuladas para o período de Fevereiro a Setembro

Quadro 5.6 - Precipitações acumuladas em cada mês a partir de Abril para os diferentes percentis de evolução da precipitação (valor a somar à precipitação acumulada no final do mês de Março)

Percentil	Precipitações acumuladas correspondentes a cada percentil (mm)					
	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro
10	8,9	39,5	49,2	53,3	58,7	71,2
20	21,5	50,0	64,5	65,4	69,4	95,6
30	28,8	68,3	77,4	78,6	82,8	110,5
40	33,1	79,3	93,6	95,5	96,7	126,0
50	47,8	81,9	100,6	106,3	111,2	132,7
60	57,1	91,2	121,8	122,3	122,9	147,9
70	62,7	98,4	126,5	129,7	129,9	151,7
80	72,6	115,0	137,6	142,9	146,2	169,8
90	84,7	142,2	159,8	160,2	171,1	200,4
100	133,9	213,9	247,5	251,1	255,5	256,2

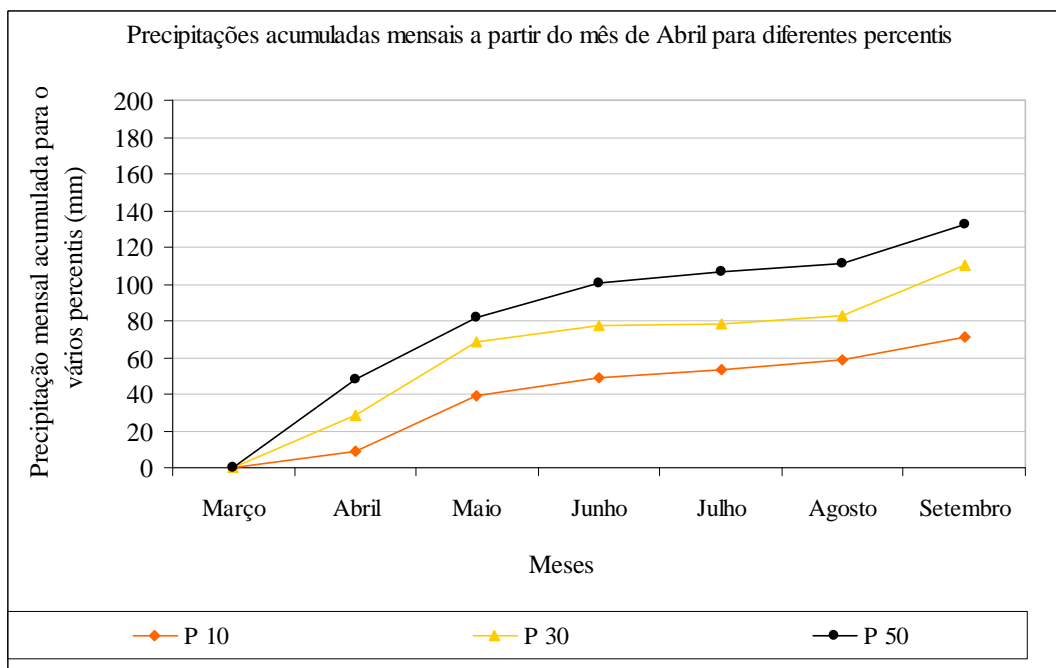


Fig. 5.14 – Percentis das precipitações mensais acumuladas para o período de Abril a Setembro

No Anexo IV são apresentados as várias precipitações mensais acumuladas (segundo os diversos percentis) para os possíveis períodos de análise, períodos entre um qualquer mês (após Janeiro) e Setembro.

Identificados os percentis da precipitação mensal acumulada para os dois períodos de análise (entre Fevereiro e Setembro e entre Abril e Setembro), é agora possível criar cenários de evolução da precipitação para identificação dos níveis de alerta esperados. Para tal, vejam-se os exemplos apresentados nas Fig. 5.15 a 5.19 e Quadro 5.4, onde é apresentada a distribuição da precipitação mensal acumulada segundo os vários percentis para os diferentes períodos de análise. Refira-se ainda que a origem das curvas (dos percentis da precipitação mensal acumulada) obtidas para cada percentil irá ser coincidente com a precipitação mensal acumulada no final de Janeiro ou de Março, no ano em análise. Ou seja, estas curvas, colocadas sobre o gráfico da Fig. 5.12, permitem uma previsão da evolução expectável dos níveis de alerta para o restante período do ano hidrológico.

Nas Figuras que se seguem são apresentadas, para diferentes níveis de alerta existentes no princípio de Fevereiro ou Abril, as precipitações mensais acumuladas segundo os vários percentis e os potenciais níveis de alerta, de acordo com o esquema proposto neste trabalho. Apresentam-se **exemplos** de aplicação dos cenários para os períodos de análise de Fevereiro a Setembro (Fig. 5.15 e 5.16) e para os períodos entre Abril e Setembro (Fig. 5.17 a 5.19).

A identificação dos níveis de alerta dos restantes meses do ano hidrológico pode ser efectuada de forma gráfica (Figuras 5.15 a 5.19) ou através do Quadro 5.4 que apresenta para o final de cada mês os limites máximos da precipitação acumulada possíveis de ocorrer para cada nível de alerta.

**Período de análise: Fevereiro a Setembro**

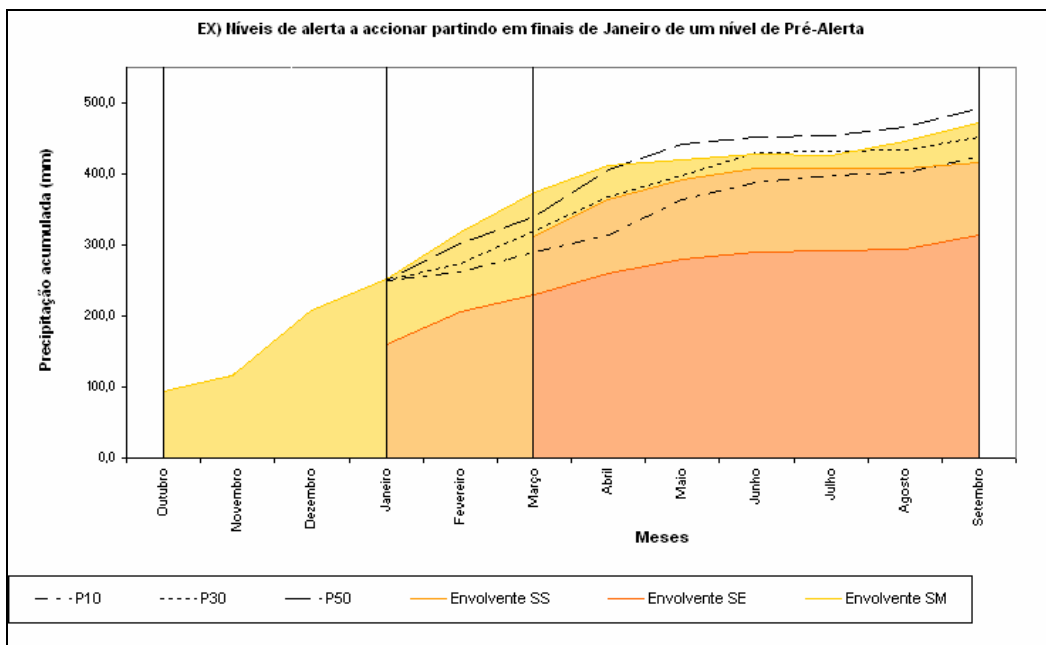


Fig. 5.15 – Exemplificação dos níveis de alerta esperados a accionar nos meses entre Fevereiro e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação considerados, caso em princípios de Fevereiro se verifique já um estado de pré-alerta (admitindo uma precipitação acumulada em finais de Janeiro de 250 mm)

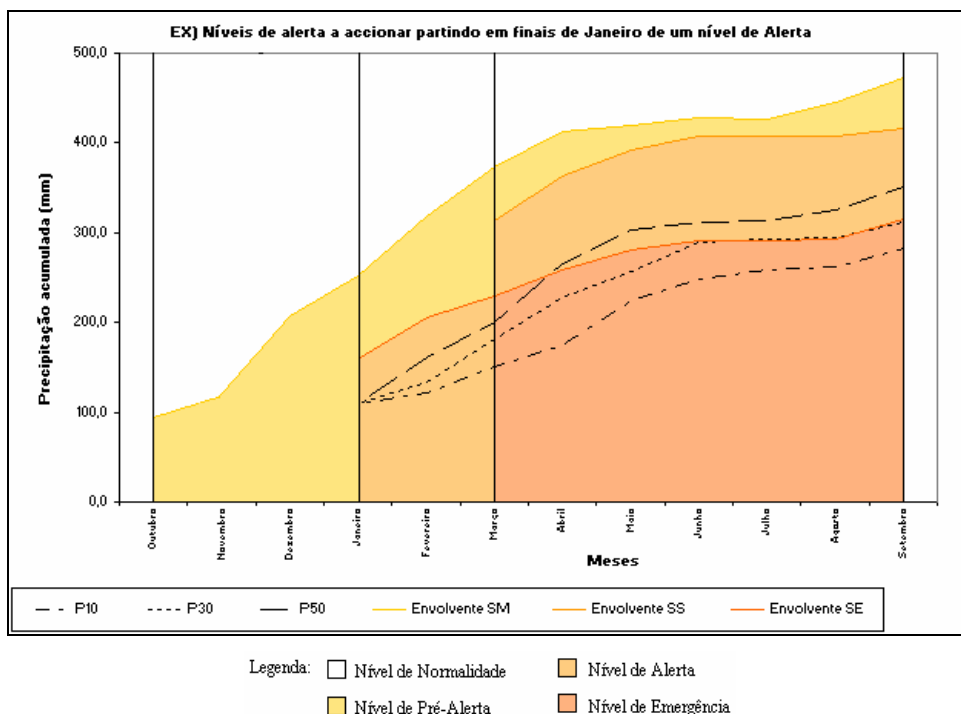


Fig. 5.16 – Exemplificação dos níveis de alerta esperados a accionar nos meses entre Fevereiro e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação considerados, caso em princípios de Fevereiro se verifique já um estado de alerta (admitindo uma precipitação acumulada em finais de Janeiro de 110 mm)

Período de análise: Abril a Setembro

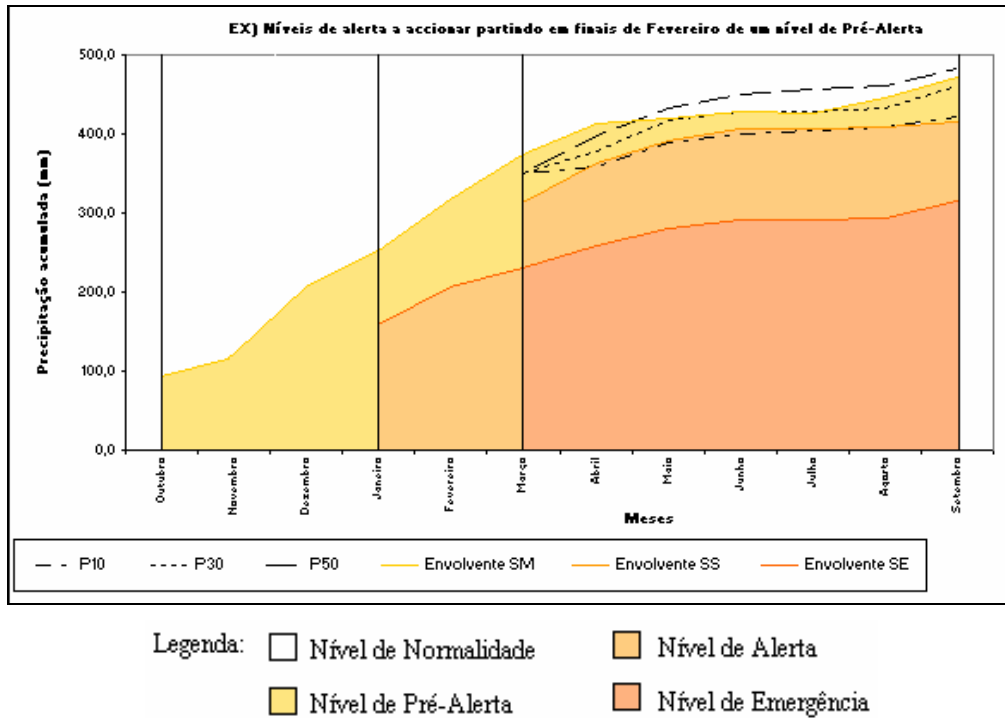


Fig. 5.17 – Exemplificação dos níveis de alerta esperados a accionar nos meses entre Abril e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação considerados, caso em princípios de Abril se verifique já um estado de pré-alerta (admitindo uma precipitação acumulada em finais de Março de 350 mm)

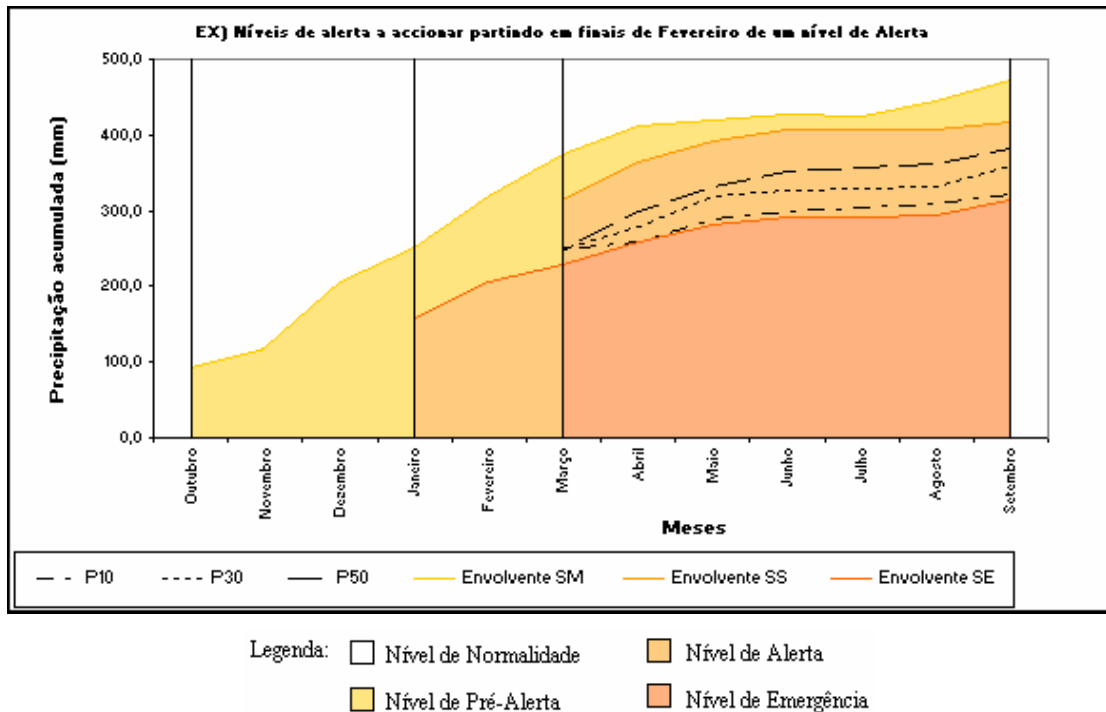


Fig. 5.18 – Exemplificação dos níveis de alerta esperados a accionar nos meses entre Abril e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação considerados, caso em princípios de Abril se verifique já um estado de alerta (admitindo uma precipitação acumulada em finais de Março de 250 mm)

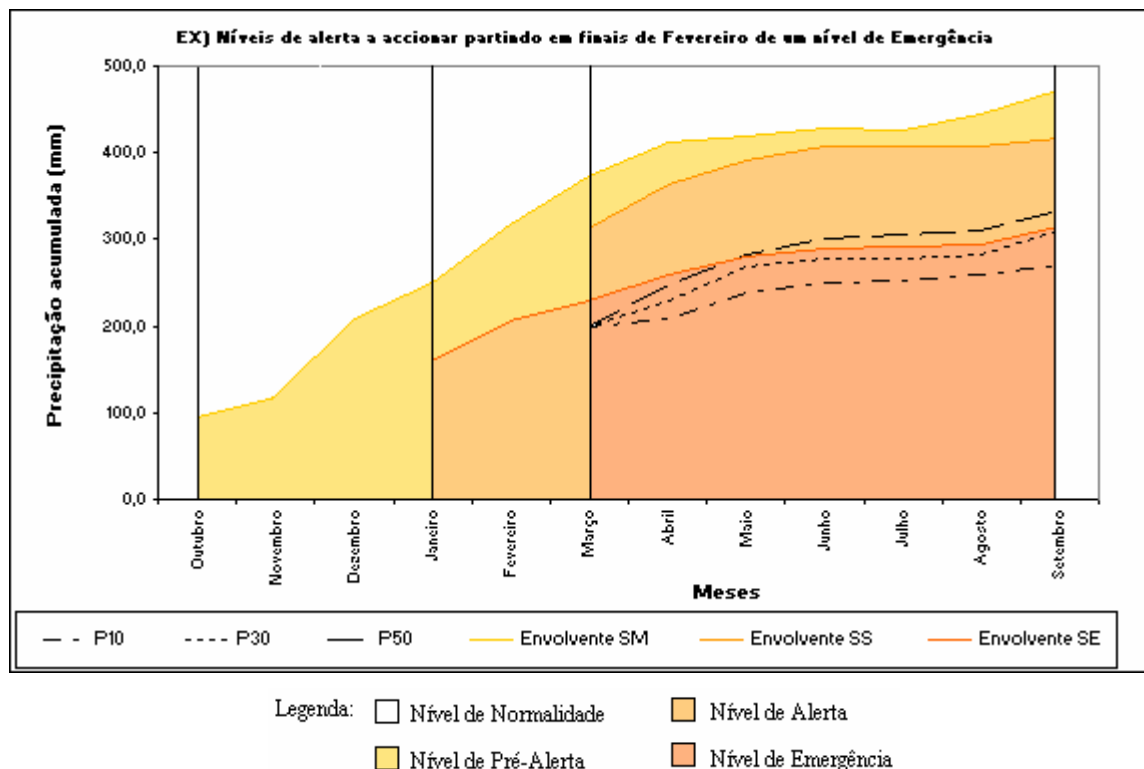


Fig. 5.19 – Exemplificação dos níveis de alerta esperados a accionar nos meses entre Abril e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação considerados, caso em princípios de Abril se verifique já um estado de emergência (admitindo uma precipitação acumulada em finais de Março de 200 mm)

Sintetizando, com a aplicação dos referidos cenários pretende-se que, conhecida a precipitação acumulada até finais de Janeiro ou Março e admitindo uma dada evolução para o restante ano hidrológico, possam ser efectuadas previsões dos níveis de alerta a accionar para o referido período.

As grandes vantagens da caracterização dos cenários meteorológicos de referência de situações de seca são:

- ✓ Permitir uma previsão da severidade de seca através da observação das precipitações mensais acumuladas nos diferentes meses do ano hidrológico;
- ✓ Permitir uma previsão atempada das medidas para minimizar os impactos decorrentes da intensidade de seca esperada. A caracterização dos referidos cenários é possível através da análise da Figura 5.12 e do Quadro 5.4, de modo a que, partindo da precipitação acumulada num dado mês, e admitida uma evolução da precipitação mensal acumulada (segundo um determinado percentil), seja possível identificar o correspondente nível de alerta a accionar nos meses seguintes.

### 5.3.3. ANÁLISE DAS SECAS PLURIANUAIS

As considerações referidas anteriormente (em 5.3.1 e 5.3.2) não atendem à previsão dos mecanismos a accionar em situações onde ocorram dois anos consecutivos de seca. E, analisando o Quadro 4.19 (do Capítulo 4), constata-se que é frequente a ocorrência de episódios de seca consecutivos. Assim, entendeu-se ser importante estender o esquema geral de alerta de seca a dois anos.

Os novos esquemas deverão permitir efectuar, com base no conhecimento da precipitação acumulada de um ano hidrológico e dos primeiros quatro meses do ano seguinte (ou seis, conforme a análise intermédia que se pretender efectuar) e admitindo uma precipitação acumulada para os restantes meses do segundo ano, uma previsão dos níveis de alerta a adoptar.

Para tal, será efectuada uma adaptação do esquema de alerta definido anteriormente (Figura 5.12 e Quadro 5.4), que permita identificar níveis de alerta a accionar no segundo ano, quando no primeiro ano se verificou um fenómeno de seca.

#### 5.3.3.1. Esquema bianual de alerta de secas

A definição do esquema bianual de atribuição de níveis de alerta partiu do esquema geral criado para a análise de um único ano hidrológico. De facto, para analisar a severidade de uma seca deve ser tida em conta a existência de fenómenos de seca nos anos antecedentes e o grau de severidade dos mesmos. Este conhecimento é de extrema importância na medida em que, pelo facto de se ter verificado no passado imediato um fenómeno de seca, tal deverá contribuir de forma significativa para a redução da disponibilidade dos recursos hídricos, nomeadamente na redução dos caudais escoados e dos volumes armazenados, contribuindo igualmente para a redução dos níveis freáticos e do teor de humidade do solo. Assim, o nível de alerta correspondente à análise de um dado ano hidrológico, deverá ser naturalmente agravado se se tiverem verificado fenómenos de seca nos anos anteriores. No presente trabalho é apenas analisada a influência da severidade de seca em dois anos consecutivos por esta ocorrência se verificar, frequentemente na região em estudo, sendo apresentados os passos para a criação de um esquema de atribuição de níveis alerta que abranja este período.

Numa primeira fase foram analisadas, entre os anos da série de registos históricos disponíveis (1967/68 a 2005/06), as várias situações onde ocorrem fenómenos de seca em dois anos consecutivos e a sua severidade. No Quadro 5.7 são apresentadas as classes de severidade de seca (obtidas na avaliação anual dos índices) em biénios de seca, sendo igualmente identificados os anos em que tal se verificou.

Quadro 5.7 – Classificação da severidade de seca de dois anos consecutivos (identificados entre 1967/68 e 2005/06)

<b>Combinações entre a Classificação de Severidade de Seca de dois anos consecutivos</b>	<b>Ano i - 1</b>	<b>Ano i</b>
Seca Moderada + Seca Moderada	1985/86	1986/87
	2002/03	2003/04
Seca Severa + Seca Moderada	1974/75	1975/76
	1991/92	1992/93
Seca Severa + Seca Severa	1973/74	1974/75
Seca Moderada + Seca Extrema	2003/04	2004/05

Na Figura 5.20 apresentam-se os gráficos das precipitações acumuladas correspondentes às secas bianuais apresentadas no Quadro 5.7.

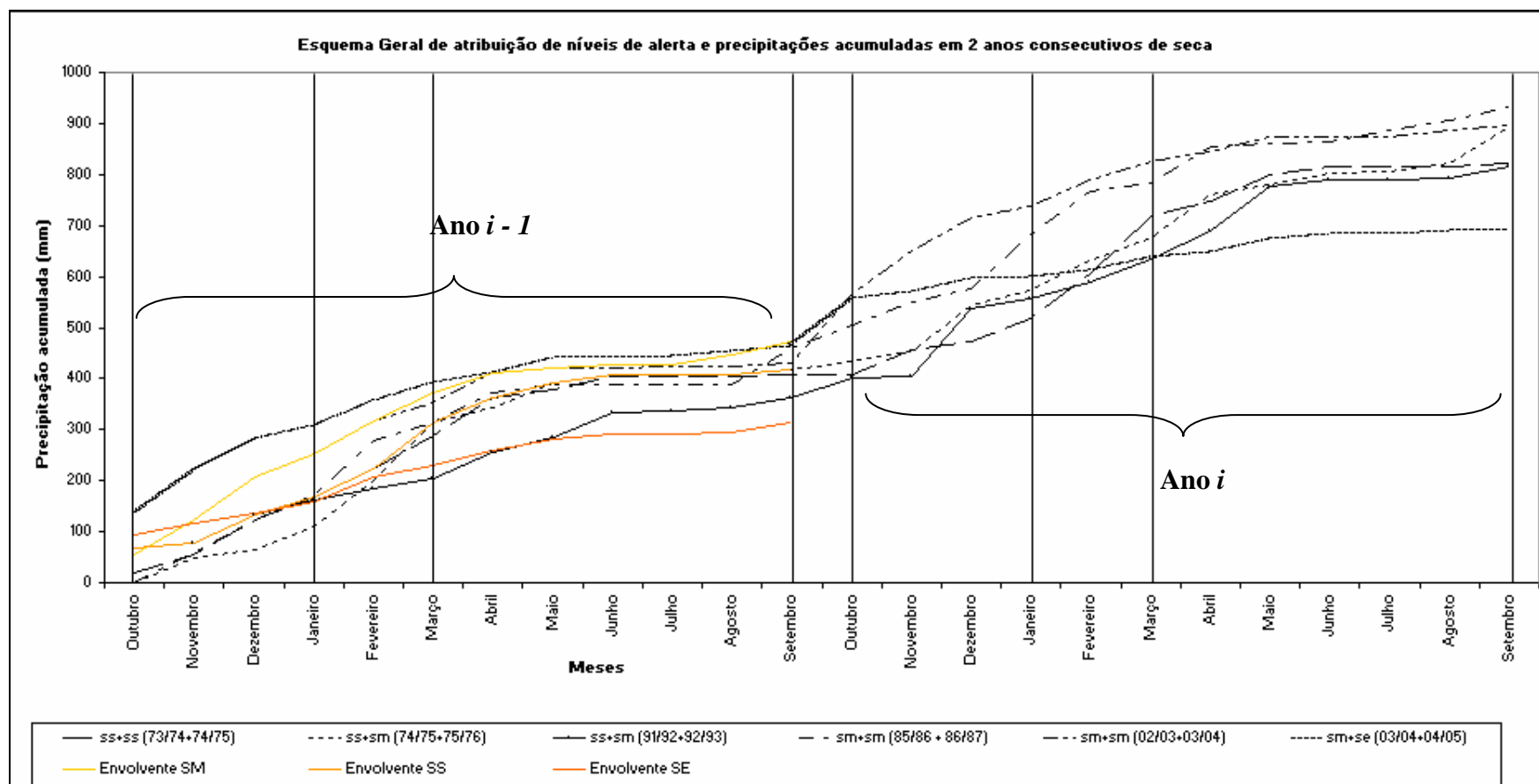


Fig. 5.20 – Precipitações acumuladas em dois anos consecutivos de seca e envelopes máximas da precipitação mensal acumulada das seca moderada, severa e extrema

A análise do Quadro 5.7 e Fig. 5.20, permite observar que para o número de anos estudado não se verificou nenhum caso de dois anos consecutivos de seca extrema, de um ano de seca extrema seguido de um ano de seca severa ou moderada, não se tendo igualmente verificado qualquer caso de um ano de seca severa seguido de seca extrema.

De acordo com o Quadro 5.7 e Fig. 5.20, constata-se ainda que o número de casos em que se verificaram secas plurianuais e diferentes combinações da severidade de seca entre os dois anos, é pouco representativo da realidade (pequena amostra de dados). Deste modo não é possível efectuar uma análise das envolventes máximas das precipitações máximas verificadas nos 39 anos, de forma a identificar níveis de alerta de um segundo ano quando no anterior se houver verificado um fenómeno de seca. Assim, para definir os níveis de alerta a accionar no segundo ano hidrológico, partiu-se do esquema geral de níveis de alerta criado anteriormente (Fig. 5.12) e que permitia analisar um único ano hidrológico (esquema apresentado na Fig. 5.12). A criação do novo esquema de alerta correspondente ao segundo ano depende da severidade de seca do primeiro ano, pelo que é importante ter presente a necessidade de se definirem três esquemas de alerta de seca distintos, que deverão reflectir os vários graus de severidade de seca verificados no primeiro ano. Os diferentes tipos de esquemas criados assentam assim nos seguintes critérios:

- ✓ No **primeiro ano de seca**, mantém-se o esquema geral para atribuição de níveis de alerta de seca definido em 5.3.1 e representado na Fig. 5.12 e Quadro 5.4;
- ✓ No **segundo ano de seca**, a identificação da severidade de seca e atribuição dos níveis de alerta depende da severidade de seca do ano anterior. Assim, a classe de severidade de seca no final do mês de Setembro do primeiro ano será a mesma no início do novo ano hidrológico (início de Outubro). Esta consideração permite assim identificar com segurança o nível de alerta do período húmido entre Outubro e Janeiro do segundo ano. Os níveis de alerta esperados no restante período do segundo ano de seca serão definidos pelos limites das envolventes das várias classes de severidade consideradas no primeiro ano mas com algumas alterações. Definem-se assim três tipos de esquema de alerta que se apresentam de seguida. Refira-se ainda que, ao contrário do esquema geral de alerta de secas para um único ano hidrológico, onde era possível definir um limite máximo da precipitação mensal acumulada para cada nível de alerta, no esquema de alerta de secas proposto para o segundo ano não é possível definir tais limites, pois a origem do esquema do segundo ano é variável em função da precipitação acumulada no final de Setembro do ano anterior.

Sugere-se, no entanto, que no futuro os limites de atribuição dos vários níveis de alerta para o segundo ano hidrológico, sejam definidos através da análise das envolventes máximas das precipitações acumuladas definidas pelas precipitações acumuladas “reais” das várias situações de seca plurianual.

#### 5.3.3.2. Esquema 1 (Ano $i-1$ de seca moderada)

Para o Ano  $i-1$  que termina com a classificação de seca moderada e que portanto inicia o Ano  $i$  com a mesma classificação, o esquema geral de alerta de secas do primeiro ano deve ser mantido no segundo ano. Este caso é, portanto, idêntico à situação apresentada na Fig. 5.12.

Para o período de registos históricos de precipitações analisado (entre 1967/68 e 2005/06), verificaram-se três fenómenos de seca bianual nos quais o primeiro ano foi classificado como sendo de seca moderada (1985/86 e 1986/87, 2002/03 e 2004/04 e 2003/04 e 2004/05).

Na Fig. 5.21 apresenta-se o esquema de alerta de secas sugerido para o primeiro e segundo ano e as precipitações acumuladas da seca bianual de 1985/86 e 1986/87.

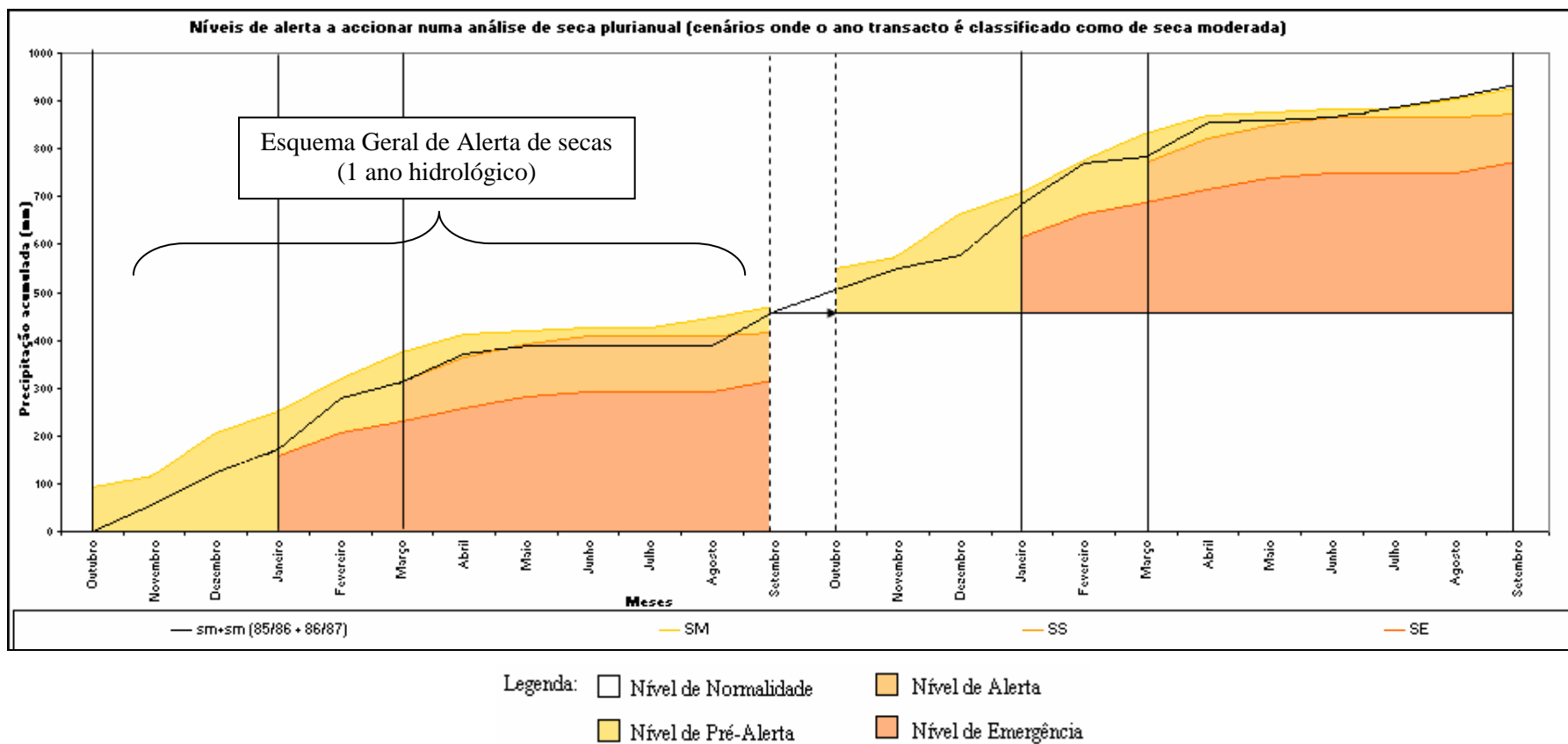


Fig. 5.21 – Níveis de alerta a accionar numa análise bianual para o caso de o ano anterior ser de seca moderada. Exemplo de seca de 1985/86 e 1986/87.

Pela Fig. 5.21 é visível a evolução da precipitação mensal acumulada ao longo do segundo ano, para o caso de o final do primeiro ano hidrológico se apresentar como sendo de seca moderada. Pela análise da evolução das precipitações mensais acumuladas dos anos 1985/86 e 1986/87, verifica-se que no segundo ano (primeiros quatro meses) a pluviosidade ocorre normalmente não se verificando déficit das precipitações face aos volumes normais esperados para aquele período. Um aumento da precipitação no período húmido no ano hidrológico de 1986/87 reflecte-se no aumento da inclinação da curva da precipitação acumulada no segundo ano, não permitindo no entanto, que o semestre seco termine com um nível de alerta superior ao estado de Pré-Alerta.

#### 5.3.3.3. Esquema 2 (Ano $i-1$ de seca severa)

Para o Ano  $i-1$  que termina com a classificação de seca severa, o Ano  $i$  deverá iniciar com a mesma classificação. Deste modo, para criar o esquema de atribuição de níveis de alerta do segundo ano, são sugeridas algumas alterações ao esquema geral de atribuição de níveis de alerta para um ano hidrológico, apresentado na Fig. 5.12.

Para o segundo ano, apesar de se manter a generalidade da configuração do esquema de alerta de secas do primeiro ano são sugeridas alterações na definição dos limites dos níveis de alerta para os períodos de Outubro a Janeiro e de Fevereiro a Março. Assim, nos primeiros 6 meses, relativamente ao esquema apresentado na Fig. 5.12, são apresentados dois novos níveis de alerta que reflectem um agravamento da situação de seca consequente da ocorrência de um fenómeno de seca no ano anterior. Para definição deste novo limite foram novamente analisadas as envolventes máximas da precipitação mensal acumulada para cada classe de severidade de seca (Fig. 5.9).

Assim, relativamente ao esquema geral de alerta de secas: definem-se nos primeiros quatro meses dois estados de alerta (sendo que para o esquema geral apenas se define o estado de Pré-Alerta); nos meses de Fevereiro e Março são propostos três níveis de alerta, Pré-Alerta, Alerta e Emergência definidos pelos limites das envolventes. Com estas alterações pretende-se que a análise das precipitações mensais acumuladas nestes meses permita uma previsão mais cautelosa. Nos meses do semestre seco, os níveis de alerta sugeridos mantêm-se relativamente ao esquema geral proposto anteriormente (Fig. 5.12).

O esquema proposto para o segundo ano quando o anterior termina com a classificação de seca severa (estado de Alerta) é apresentado na Fig. 5.22.

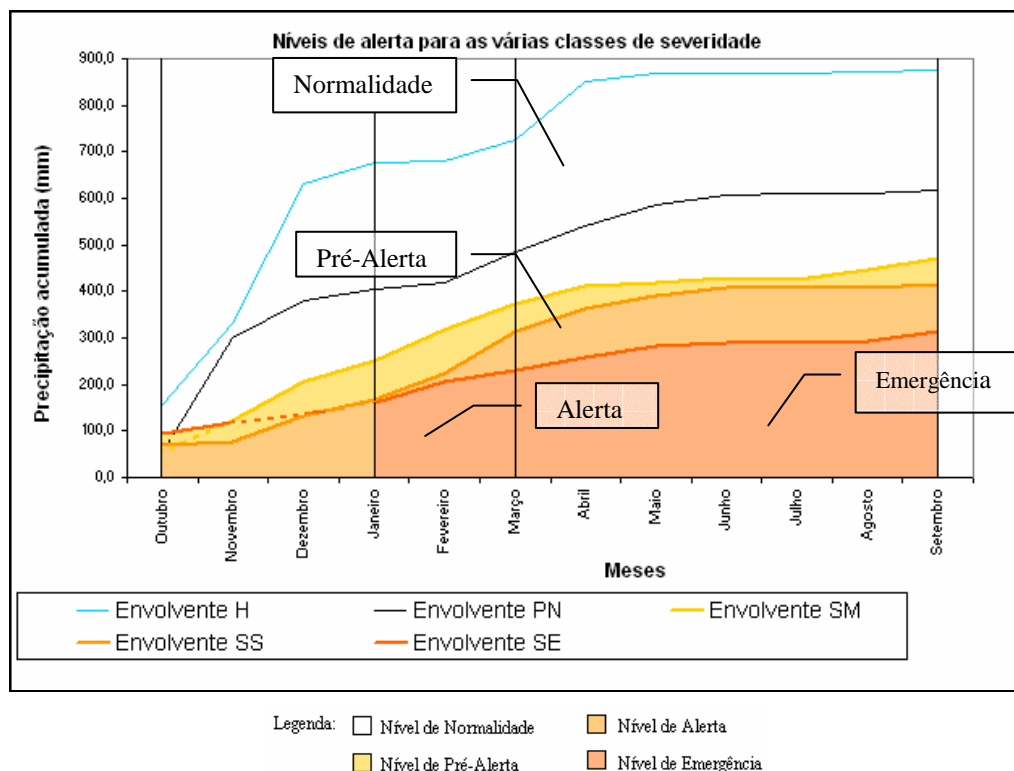


Fig. 5.22 - Esquema de atribuição de níveis de alerta para o segundo ano (primeiro ano de seca severa). Adaptado do esquema geral de alerta de secas de um ano de seca

Pela análise da Fig. 5.22 pode verificar-se que nos primeiros quatro meses do segundo ano é agora possível distinguir os níveis de **Pré-Alerta** e **Alerta**, justificado pelo potencial agravamento da situação de seca num período, dado que o ano anterior findou com classificação de uma seca severa. O novo limite a considerar para o período de Outubro a Janeiro para os níveis de Pré-Alerta e Alerta é definido pela envolvente da seca moderada e extrema, respectivamente (Fig.5.22).

Para os meses de Fevereiro a Setembro os limites dos níveis de **Pré-Alerta**, **Alerta** e **Emergência** são accionados pelas envolventes da seca moderada, seca severa e seca extrema, respectivamente (Fig. 5.22). Esta afinção relativamente ao esquema geral de alerta de seca (Fig. 5.12) é justificada, uma vez mais, pela necessidade de que se possa reflectir no esquema de alerta proposto para o segundo ano, um agravamento da severidade de seca do referido ano, decorrente do facto de o primeiro ano ter terminado com a classificação de seca severa.

Na Figura 5.23 apresenta-se o esquema bianual de atribuição de níveis de alerta, na condição de o primeiro ano ser classificado como de seca severa (caso da seca de 1991/92 e 1992/93).

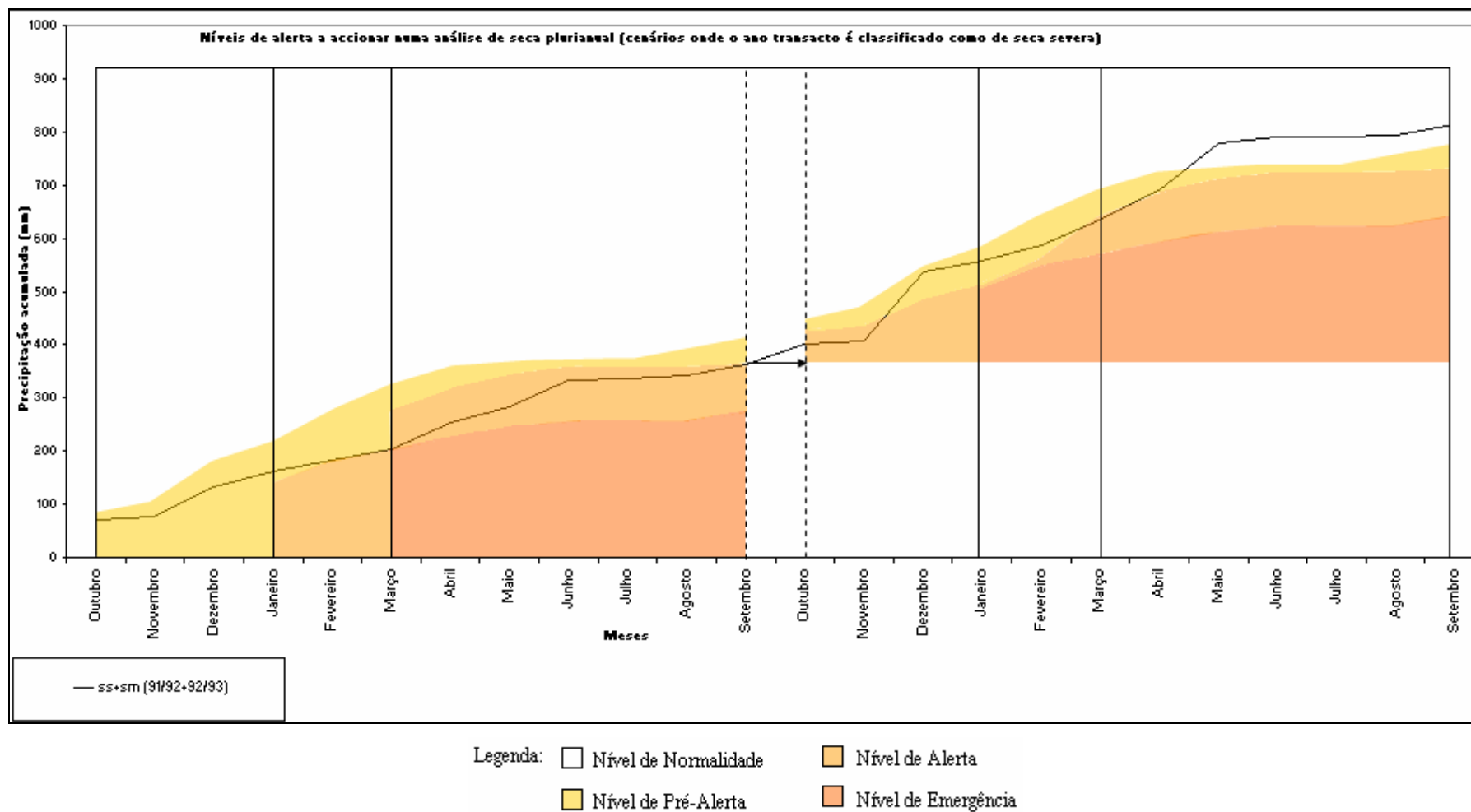


Fig. 5.23 – Níveis de alerta a accionar numa análise bianual, para o caso de o primeiro ano ser de seca severa. Exemplo da seca de 1991/92 e 1992/93.

A análise da Figura anterior permite observar que apesar dos primeiros dois meses (Outubro e Novembro) se terem apresentado num estado de Alerta, a forte precipitação ocorrida no mês de Dezembro permitiu que rapidamente se atingisse o estado de Pré-Alerta, um estado menos severo. Apesar de pontualmente se ter verificado novamente um estado de Alerta nos meses seguintes (Abril e Maio), a maioria do restante ano hidrológico encontrou-se em estado de Pré-Alerta, terminando o ano 1992/93 como de seca moderada.

#### 5.3.3.4. Esquema 3 (Ano $i-1$ de seca extrema)

Para o Ano  $i-1$  que termina com a classificação de seca extrema e que portanto inicia o Ano  $i$  com a mesma classificação, o esquema de atribuição de níveis de alerta do segundo ano apresenta a mesma configuração do esquema de alerta de secas do segundo ano proposto na Fig. 5.22 (esquema proposto para o Esquema 2), mas com o agravamento do nível de alerta para os primeiros seis meses, sendo possível declarar-se desde logo o nível de Emergência. Assim, o Esquema 2 de alerta de secas proposto (Fig. 5.22) para os primeiros seis meses é mantido mas com um agravamento das classes de severidade permitindo uma atribuição de níveis de alerta mais cautelosa, pelo lado da segurança. Para os restantes seis meses (período seco) os limites superiores de atribuição de níveis de alerta definidos anteriormente (Esquema 2) sofrem uma alteração da configuração, na medida em que são traçados para que, no final do segundo ano hidrológico, seja possa identificar os três níveis de alerta de seca existentes, Pré-Alerta, Alerta e Emergência. Esta condição permitirá que num terceiro ano se possa efectuar nova previsão dos níveis de alerta e que a classificação global da severidade do ano esteja de acordo com a classificação apresentada pelos índices (Quadro 4.19). No entanto no presente projecto não foi efectuada a análise do esquema de alerta de secas para um terceiro ano.

O esquema de alerta de secas proposto para o segundo ano de seca, quando no primeiro se verifica uma seca extrema, apresenta a seguinte configuração (Fig. 5.24):

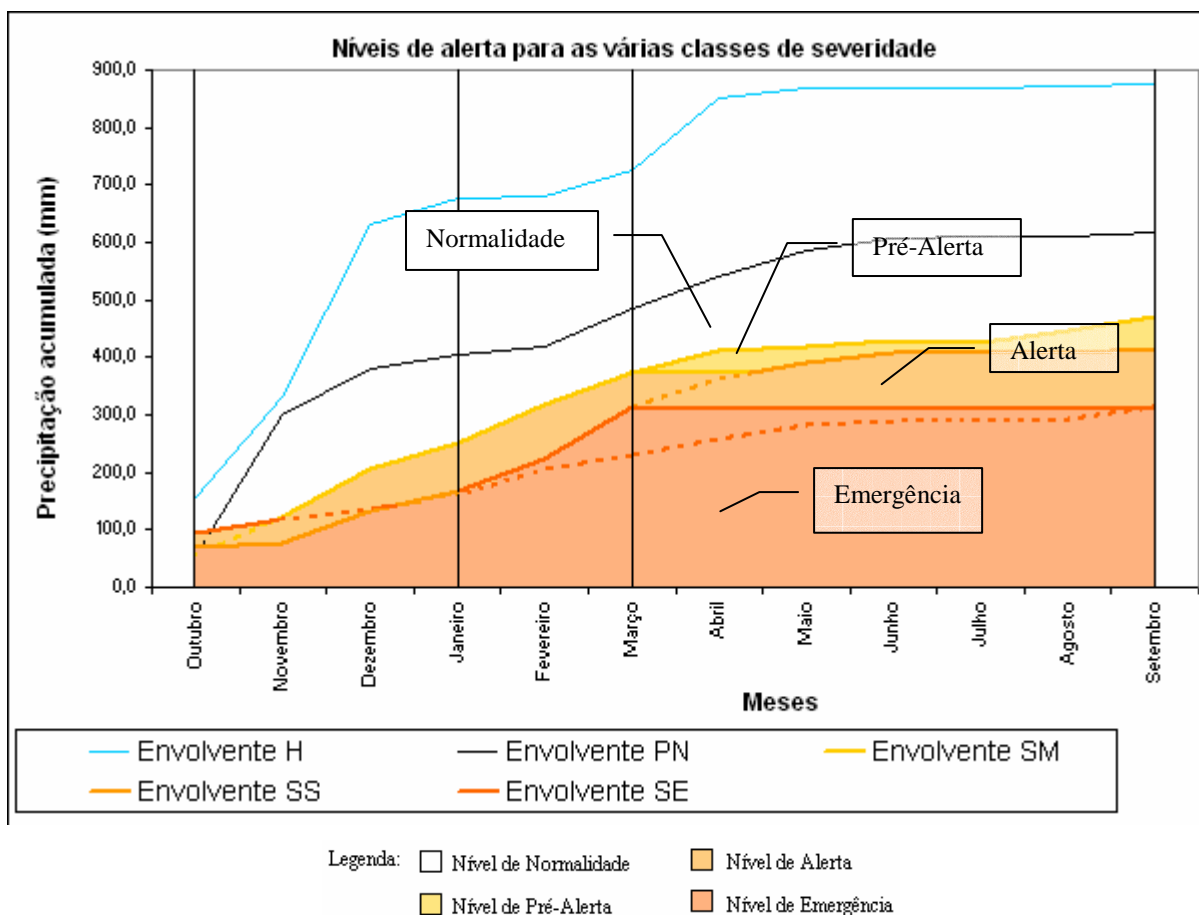


Fig. 5.24 - Esquema de atribuição de níveis de alerta para o segundo ano de seca (primeiro ano de seca extrema). Adaptado do esquema geral de alerta de secas de um ano de seca.

Assim, nos primeiros seis meses distinguem-se os níveis de **Alerta** e **Emergência**. Caso se mantenham reduzidas condições de pluviosidade nos seis meses seguintes (Abril a Setembro) pode esperar-se accionar um dos três níveis de alerta propostos, **Pré-Alerta**, **Alerta** e **Emergência**.

Para o semestre seco, admitiu-se que o novo limite de atribuição do nível de Alerta e Emergência segue, a partir do mês de Março, uma distribuição de precipitações mensais acumuladas representativa de não se verificar a ocorrência de qualquer volume de precipitação no semestre seco. Deste modo é garantida a existência de três níveis de alerta neste semestre, sendo igualmente compatibilizada a necessidade de agravamento dos níveis de alerta para situações onde no ano anterior ocorreu uma seca extrema e a necessidade de o ano terminar com três níveis de alerta distintos.

Na Figura seguinte (Fig.5.25) é apresentado o esquema bianual de atribuição de níveis de alerta para um primeiro ano classificado como de seca extrema.

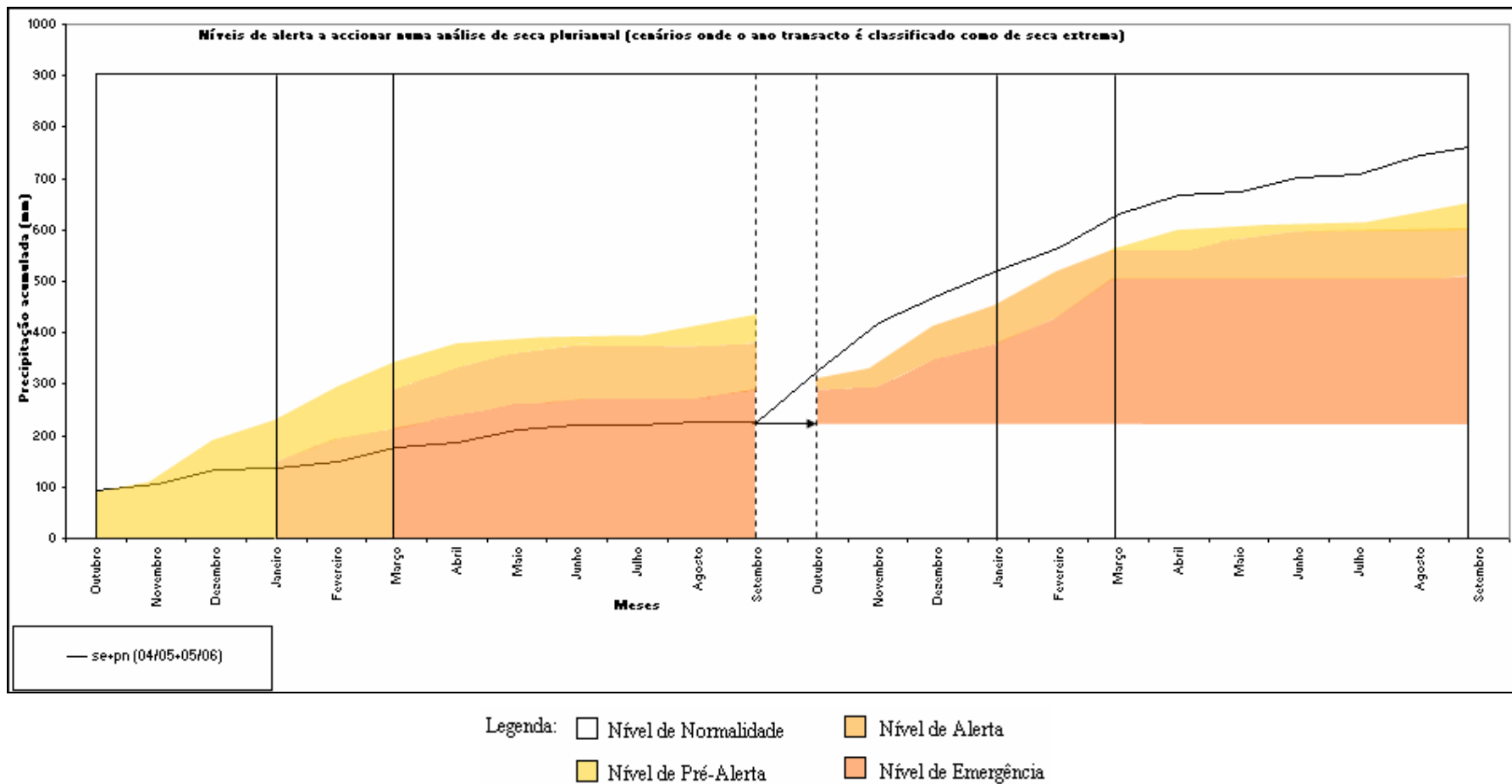


Fig. 5.25 – Níveis de alerta a accionar numa análise bianual para o caso de o ano anterior ser de de seca extrema. Exemplo.

A análise da Fig. 5.25 sugere portanto que os primeiros meses do segundo ano hidrológico apresentem uma classificação de severidade concordante com a severidade do final do ano anterior. No entanto a precipitação ocorrida no restante ano, não sendo a suficiente, não permite excluir o segundo ano de uma classificação meteorológica de seca, terminando este em estado de Alerta.

Os esquemas apresentados permitem agora a criação de cenários meteorológicos de referência para identificação do nível de alerta permitindo uma previsão das medidas de mitigação dos impactos esperados. À semelhança do que foi efectuado anteriormente para a definição dos cenários de um único ano hidrológico, é possível definir cenários evolutivos da precipitação no segundo ano a partir da atribuição de uma distribuição da precipitação para os restantes meses (de Fevereiro a Setembro ou de Abril a Setembro). Estes cenários de evolução para o mês de Setembro do segundo ano de seca podem ser definidos a partir do conhecimento da precipitação acumulada do ano anterior acrescida da precipitação verificada até finais de Janeiro ou Março (conforme a análise que se pretenda efectuar). Uma vez mais os cenários propostos consideram uma evolução até Setembro segundo os percentis 10, 20, 30 ou 40 da precipitação.

Os percentis definidos para a atribuição dos níveis de alerta na análise das secas plurianuais apresentam a mesma distribuição e valores apresentados nos Quadros 5.5 e 5.6 e nas Figuras 5.13 e 5.14. No entanto o referencial destas curvas passa a ser o valor da precipitação acumulada no final de Janeiro ou Março do segundo ano hidrológico.

Da mesma forma que se apresentaram exemplos de aplicação dos diferentes percentis aos níveis de alerta de um ano hidrológico, são apresentados nas figuras seguintes exemplos relativos à aplicação dos percentis de forma a caracterizar os vários cenários de evolução da precipitação até Setembro possíveis de ocorrer no segundo ano (Fig. 5.26 a 5.28). Apresenta-se a título exemplificativo o modo como se aplicam os diferentes percentis ao esquema de atribuição de níveis de alerta para dois anos consecutivos de seca, sendo que o primeiro ano termina com a classificação de seca moderada.

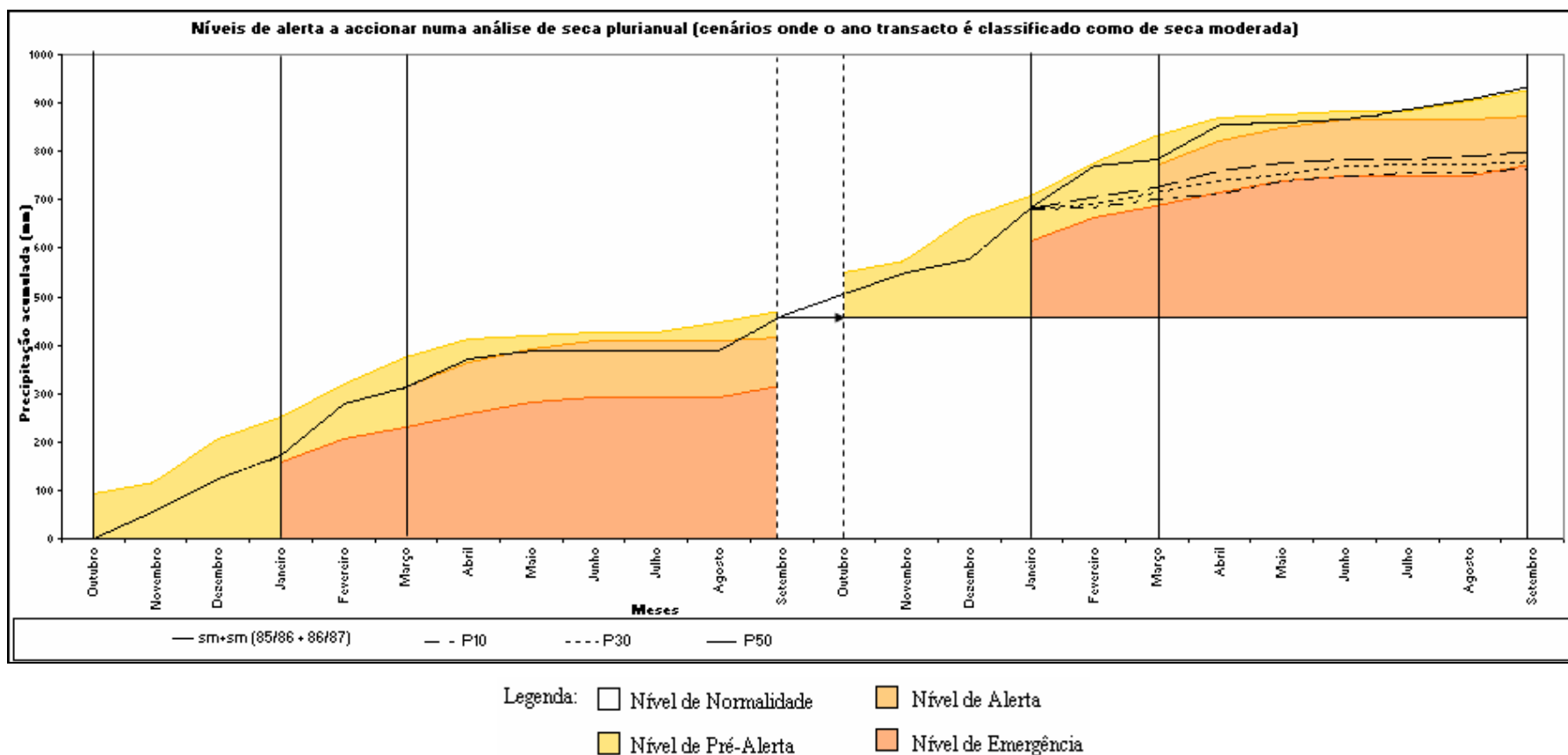
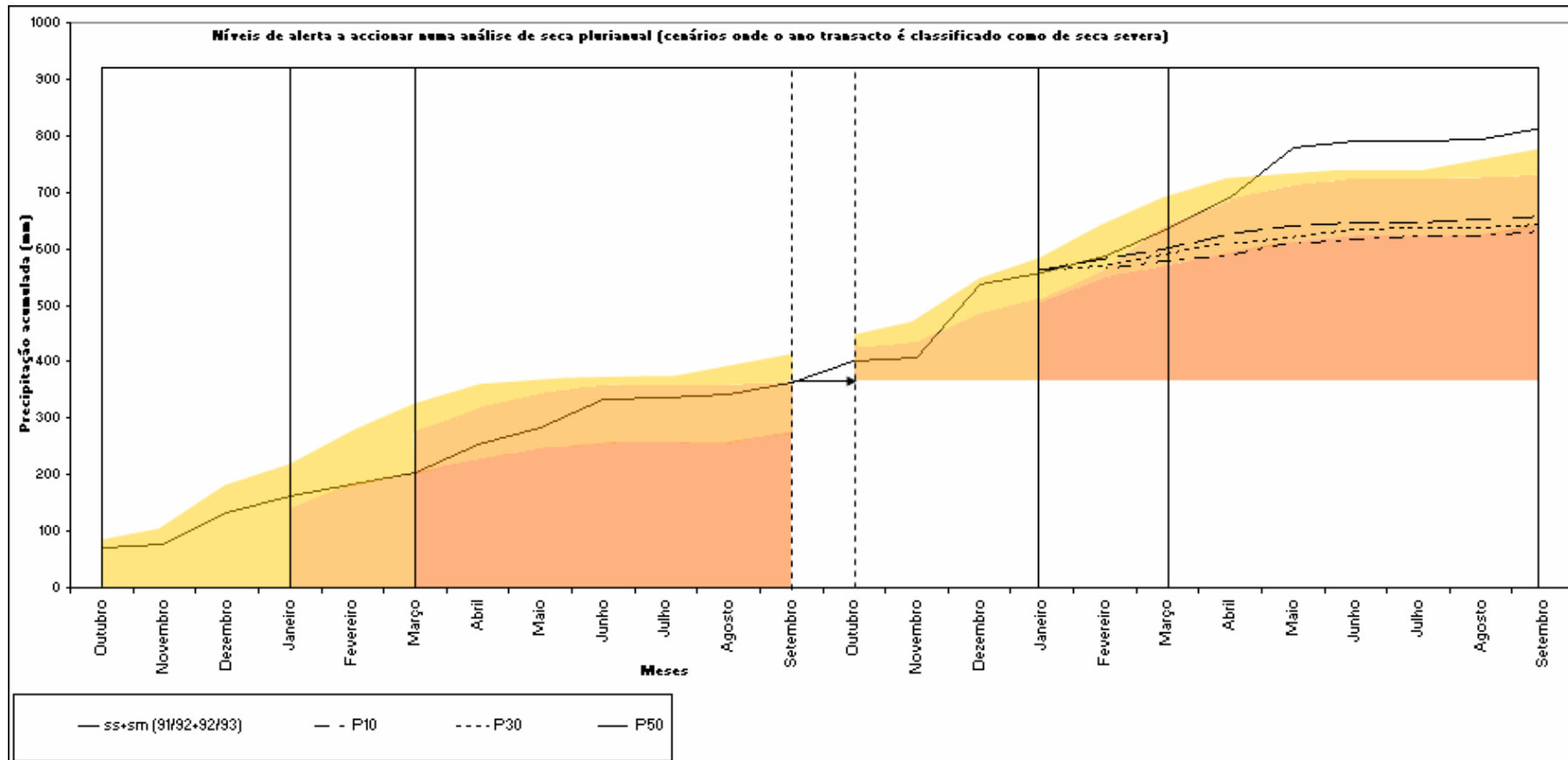


Fig. 5.26 – Exemplificação dos níveis de alerta esperados a accionar nos meses entre Fevereiro e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação, para um estado de Pré-Alerta em finais de Janeiro (tomando como exemplo uma precipitação acumulada em finais de Janeiro é de 682,61 mm)



Legenda: □ Nível de Normalidade    □ Nível de Alerta  
 □ Nível de Pré-Alerta    □ Nível de Emergência

Fig. 5.27 – Exemplificação dos níveis de alerta esperados a accionar nos meses entre Fevereiro e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação, para um estado de Alerta em finais de Janeiro (tomando como exemplo uma precipitação acumulada em finais de Janeiro é de 557,57 mm)

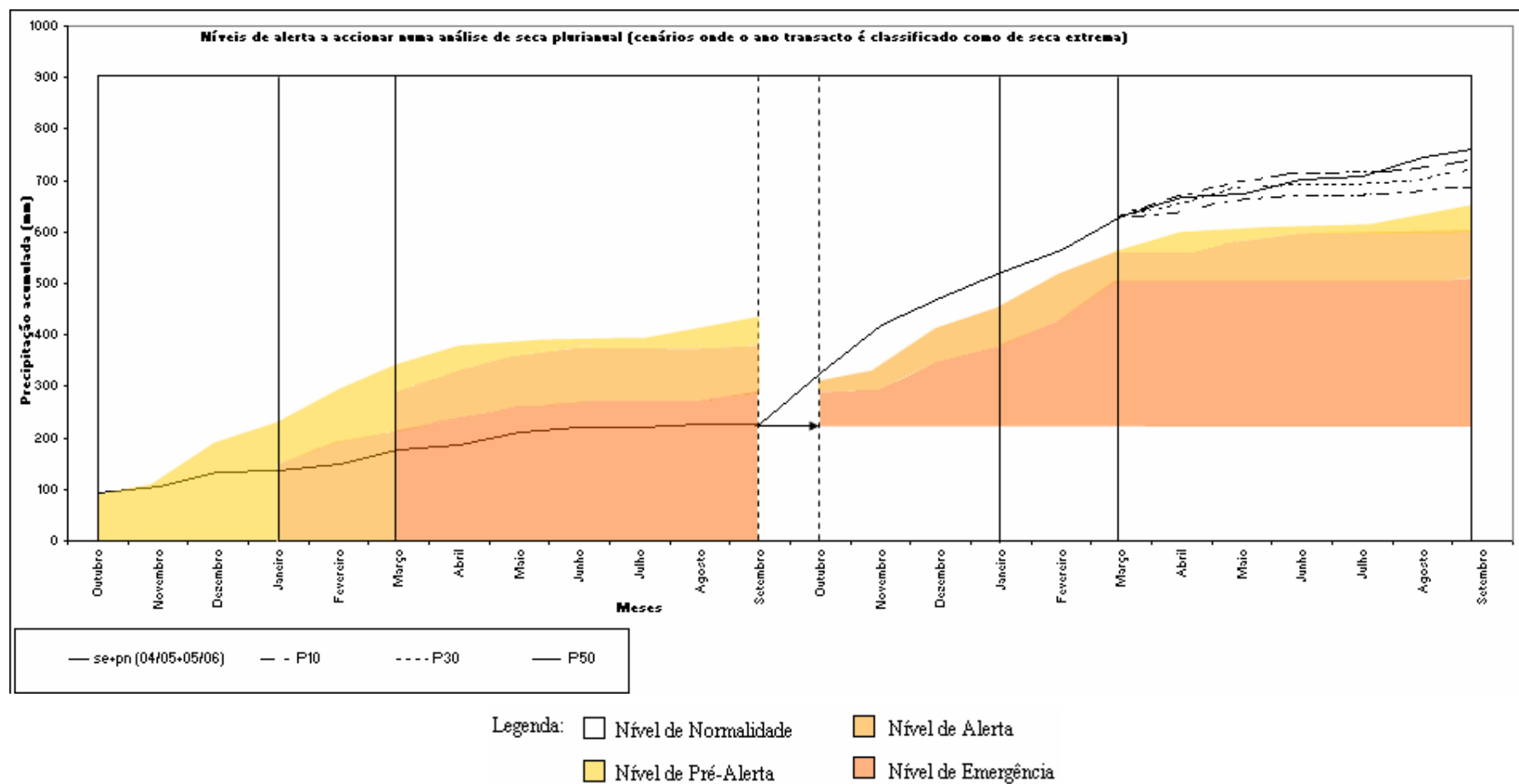


Fig. 5.28 – Exemplificação dos níveis de alerta esperados a accionar nos meses entre Abril e Setembro, para os diferentes percentis de precipitação, para um estado de Emergência em finais de Março (tomando como exemplo uma precipitação acumulada em finais de Março é de 629,6 mm)

Os gráficos apresentados são exemplos de cenários que poderão ser simulados para prever o nível de alerta a ser implementado no caso de se verificarem situações de seca no primeiro ano.

Sintetizando, estes cenários permitem, conhecidas as precipitações acumuladas do primeiro ano e no final de cada fase (Janeiro ou Março) do segundo ano hidrológico e admitido um comportamento de precipitação acumulada até Setembro, prever o accionamento de níveis de alerta adequados ao grau de severidade esperado.

#### 5.3.3.5. Avaliação das medidas e impactos da seca de 2004/05

Com a presente análise pretende-se avaliar a adequação dos esquemas de alerta de secas sugeridos no presente trabalho. Para tal, será efectuada uma comparação dos níveis de intervenção verificados na realidade (identificados pela análise de documentos descritivos dos impactos e medidas accionadas em situações reais de seca já ocorrida), e dos níveis de intervenção propostos para cada nível de alerta (níveis propostos pelo esquema de alerta de secas sugerido e apresentado no ponto 5.3). Lembra-se que os níveis de intervenção propostos para cada nível de alerta a accionar (níveis apresentados no capítulo 5), foram definidos com base nos níveis de intervenção sugeridos na Resolução de Concelho de Ministros nº83/2005.

Conhecida a severidade dos eventos de seca (Quadro 5.2), foi efectuada um levantamento da bibliografia referente aos impactos e medidas accionadas decorrentes desses fenómenos para a região em estudo (parte portuguesa da bacia hidrográfica do Guadiana).

A considerável falta de informação, com particular incidência nos fenómenos de seca menos recentes, não permite a caracterização da maioria dos fenómenos bianuais de seca ocorridos. Assim, foi apenas possível avaliar com algum rigor, os níveis de alerta realmente ocorridos na seca 2004/05, isto é, apenas foi possível analisar os níveis de intervenção consequentes de uma situação de seca extrema. Deve ser tido em conta que este ano de seca extrema foi antecedido de um ano de seca moderada, em 2003/04, pelo que os níveis de alerta a confirmar adequação deverão ser os níveis apresentados no esquema da Fig. 5.21 (Níveis de alerta a accionar numa análise bianual para os casos onde o ano transacto é de seca moderada), novamente apresentado na Fig. 5.29.

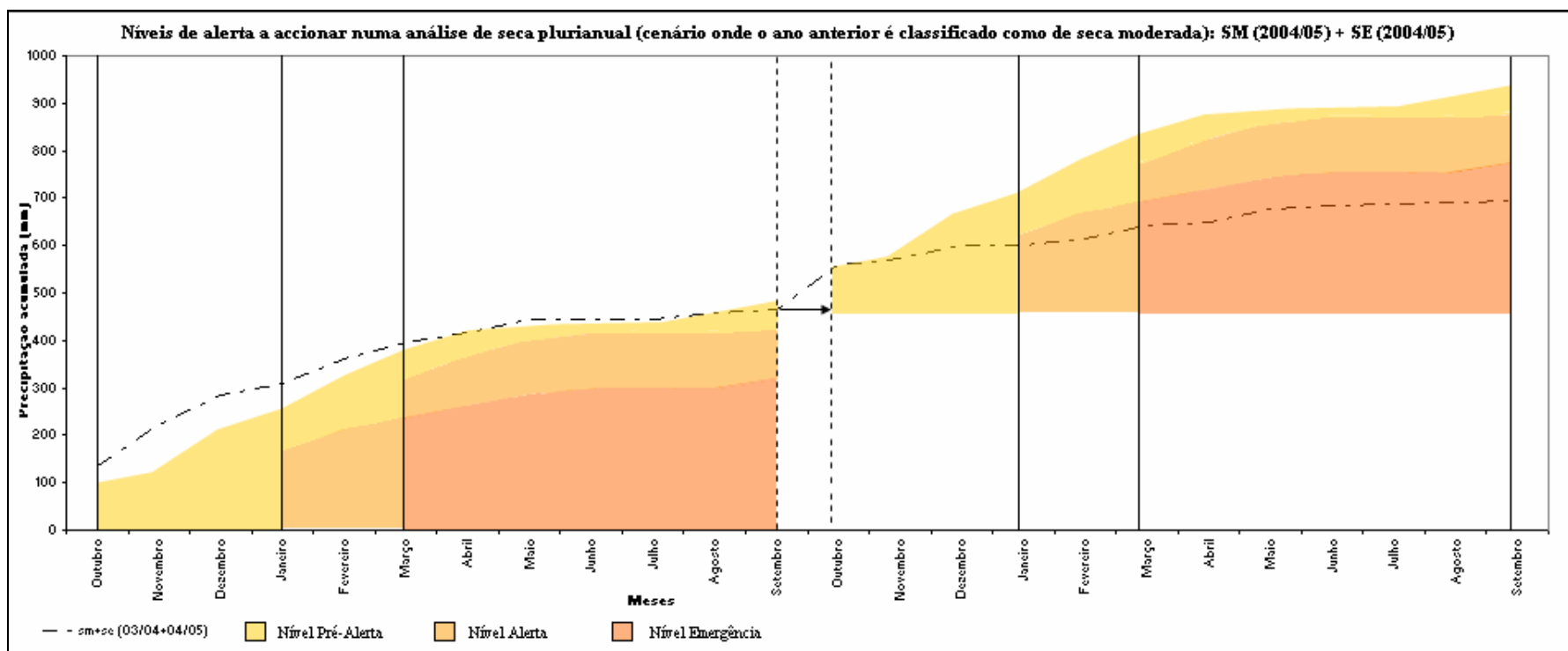


Fig. 5.29 –Esquema bianual de atribuição de níveis de alerta que se pretende “validar “ (seca moderada seguida de seca extrema – 2003/04 e 2004/05). Níveis de alerta a accionar numa análise bianual para os casos onde o ano anterior é de seca moderada. Esquema de níveis de alerta de secas da Fig. 5.21.

Foi efectuada uma análise das medidas aplicadas mensalmente na seca de 2004/05, que se apresentavam detalhadas nos vários relatórios quinzenais da referida seca (estes relatórios de frequência quinzenal surgiram como instrumento de acompanhamento da situação de seca e permitiram obter um panorama da expressão do fenómeno de seca e dos seus impactos nas actividades humanas. Foram analisados 14 relatórios entre Março e Setembro produzidos pela Comissão para a Seca 2005 (<http://www.inag.pt/inag2004/port/divulga/actualidades/seca/seca.html>), coordenada pelo INAG, enquanto Autoridade Nacional da Água. A referida comissão foi criada precisamente com o objectivo de acompanhar em detalhe e no terreno a evolução da situação de seca e avaliar os resultados das medidas de mitigação e prevenção. Foram ainda analisados os relatórios da Assembleia da República de 18 de Outubro de 2005 e de Balanço da Seca de 2005 de 31 Dezembro de 2005. A análise dos impactos verificados nos vários sectores afectados pelo défice prolongado de precipitação permite indicar as medidas de implementação necessárias, permitindo igualmente uma comparação entre o nível de intervenção real e o nível de intervenção proposto neste trabalho.

Para minimização dos impactos decorrentes da situação de seca verificada, foram identificadas medidas nos seguintes principais sectores afectados:

- ✓ Sistemas de abastecimento de água: abastecimento público;
- ✓ Agricultura e Pecuária;
- ✓ Produção de Energia;
- ✓ Actividades Empresariais (Indústria);
- ✓ Biomassa em albufeiras e impactos sobre a biodiversidade;

Referem-se de seguida, mais detalhadamente, as medidas (e impactos) accionadas para minimização dos efeitos da seca 2005 que permitiram justificar/confirmar a adopção do esquema bianual de atribuição dos níveis de alerta proposto (Fig. 5.28). Foi considerada a análise de três fases distintas:

- ✓ Confirmação do estado Pré-alerta (entre Outubro e Janeiro);
- ✓ Confirmação do estado Alerta (entre Fevereiro e Março);
- ✓ Confirmação do estado de Emergência (entre Abril e Setembro)

#### **Confirmação do estado Pré-alerta (entre Outubro e Janeiro)**

O Programa de acompanhamento e mitigação dos efeitos da seca de 2005 elaborado entre 14 e 18 de Fevereiro de 2005, refere na apresentação das medidas conjunturais de mitigação dos efeitos da seca de execução imediata (intervenção a nível nacional), que para além das medidas de nível 0 estarem implementadas, verificava-se a nível local a necessidade de serem aplicadas restrições de captação de água para rega e de se promover a avaliação da carga piscícola.

Relembra-se que a numeração dos níveis de intervenção no presente projecto (níveis de intervenção de 0 a 3 correspondentes ao estado de Normalidade a Emergência) difere da numeração proposta na Resolução do Conselho de Ministros nº 83/2005, onde se estabeleciam níveis numerados entre 1 e 4. Refere-se ainda que as medidas características de cada nível de intervenção se encontram apresentadas no Capítulo 5.

“Entre o elenco geral de medidas conjunturais de mitigação dos efeitos da seca de execução imediata e já em marcha apontam-se:

#### INTERVENÇÃO A NÍVEL NACIONAL

1 – Campanha Nacional de Sensibilização

2 – Restantes medidas de nível 0.

...

4 – Despacho a prever despesas extraordinárias com carácter de urgência e criação de programas orçamentais para suporte de despesas relacionadas com a seca e inscrição nos orçamentos dos organismos que, directamente, apoiem medidas do nível 3.

#### INTERVENÇÃO A NÍVEL LOCAL

1 – Apoio técnico às Entidades Gestoras para captação de águas subterrâneas;

2 – Inventariação das situações de carência junto das entidades gestoras;

3 – Restrições de captação de água para rega de culturas agrícolas não permanentes em albufeiras ou aquíferos em situação de escassez.

4 – Promoção da avaliação da carga piscícola nas albufeiras”

A segunda medida de intervenção a nível local sugerida, “***Inventariação das situações de carência junto das entidades gestoras***” é uma medida que pode ser considerada como medida voluntária por parte das entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água (a caracterização dos níveis de intervenção 2 aprovados na Resolução do Concelho de Ministros nº 83/2005 refere que este nível é caracterizado por “*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 dos Efeitos da Seca*”).

A terceira medida de intervenção a nível local sugerida “***Restrições de captação de água para rega de culturas agrícolas não permanentes em albufeiras ou aquíferos em situação de escassez***”, é uma das medidas consideradas no Programa de acompanhamento e mitigação dos efeitos da seca de 2005 elaborado entre 14 e 18 de Fevereiro de 2005 para níveis de intervenção do nível 1 (estado Pré-Alerta), que refere que na alínea 1 f): “*Limitações de usos não essenciais, designadamente novos enchimentos de piscinas, lavagens de automóveis e regas de jardins privados e hortas com água da rede*”.

A quarta medida de intervenção a nível local sugerida “***Promoção da avaliação da carga piscícola nas albufeiras***” é uma medida que pode ser considerada pela Resolução do Concelho de Ministros nº 83/2005 a accionar para níveis de intervenção do nível 2 (convenção adoptada na Resolução do Concelho de Ministros nº 83/2005), medida de nível 1 considerada no presente projecto (estado Pré-Alerta), que refere que na alínea 2 g): “*Avaliação da carga piscícola nas albufeiras*”.

No entanto convém referir que as medidas propostas são medidas que têm em atenção a seca hidrológica e não apenas a seca meteorológica, princípio adoptado na definição dos esquemas de alerta sugeridos. Assim é de prever que os níveis de intervenção de alerta sugeridos pelos esquemas de alerta proposto no presente projecto possam ser levemente mais gravosos que os níveis de intervenção verificados na realidade, face ao período que normalmente decorre entre a seca meteorológica e a seca hidrológica (Capítulo 2).

Esta compatibilidade entre as medidas reais e as medidas propostas pelo esquema de alerta de seca (pelo esquema proposto, verifica-se de facto um estado de pré-alerta para os meses anteriores a Fevereiro), confirma que o esquema criado (Fig. 5.28) para identificar os níveis de alerta está de acordo com a realidade.

### Confirmação do estado Alerta (entre Fevereiro e Março)

Na Minuta da Acta da reunião da Subcomissão Regional da Zona Sul, do dia 3 de Fevereiro, são referidas as medidas aprovadas a accionar para minimização dos impactos verificados. O facto de estas medidas se encontrarem aprovadas, comprova a necessidade da sua implementação dada a intensidade do fenómeno de seca que se verificava já no período anterior a 3 de Fevereiro e que se previa para os restantes meses. As medidas aprovadas reflectem as medidas a accionar nos meses seguintes a 3 de Fevereiro.

No Quadro seguinte (Quadro 5.8) apresentam-se as medidas aprovadas para implementar e correspondente nível de intervenção, definido a partir das medidas apresentadas no capítulo 5.

Quadro 5.8 – Medidas aprovadas na reunião da Subcomissão Regional da Zona Sul, do dia 3 de Fevereiro, e correspondente nível de intervenção

Medidas aprovadas na reunião da Subcomissão Regional da Zona Sul, do dia 3 de Fevereiro	Nível de intervenção das medidas associadas
<i>“Considerar necessário reservar água na albufeira do Roxo para 2 anos de abastecimento urbano a Beja e Aljustrel, <u>não fornecer água para rega e garantir 0,5x106 m3 para a indústria, abeberamento do gado e algumas culturas permanentes</u>”</i>	<b>2 e):</b> “Estabelecimento e divulgação de limites de consumos desejáveis (eficientes) para as diversas categorias de consumidores”; <b>2 g):</b> “Consignação de dotações para usos específicos
<i>“Incentivar a Associação de Beneficiários do Lucefecit a estudar a viabilidade de <u>recorrer à albufeira de Alqueva como medida alternativa</u>”</i>	<b>2 k):</b> “Definição de origens das reservas estratégicas”;

Quadro 5.8 (continuação) – Medidas aprovadas na reunião da Subcomissão Regional da Zona Sul, do dia 3 de Fevereiro, e correspondente nível de intervenção

Medidas aprovadas na reunião da Subcomissão Regional da Zona Sul, do dia 3 de Fevereiro	Nível de intervenção das medidas associadas
<p>“Recomendar à DG Florestas a monitorização da carga piscícola e a definição de um calendário previsional para a sua remoção caso venha a considerar-se necessário em função da evolução da situação de seca, com especial atenção para as albufeiras do Alvito, Caia, Vigia, Monte Novo, Enxoé e Roxo”</p>	<p><b>1 g):</b> “Avaliação da carga piscícola nas albufeiras”;</p>
<p>“Encarregar a CCDRALentejo e o IHDRa da <u>definição dos locais de captação de água por cisterna na albufeira do Enxoé destinada ao abeberamento do gado</u>, mas que este se faça a distancia suficiente da albufeira de modo a não agravar o estado da qualidade da água.”</p>	<p><b>2 k):</b> “Definição de origens das reservas estratégicas”;</p> <p><b>2 g):</b> “Consignação de dotações para usos específicos”</p>
<p>“Recomendar à CCDR Alentejo para <u>avaliar as captações a montante da albufeira do Roxo e aumentar a fiscalização</u>”</p>	<p><b>1 d):</b> “Inventário e caracterização de origens de água particulares susceptíveis de complementar as origens dos sistemas públicos”;</p> <p><b>2 e):</b> “Incremento da fiscalização nas áreas de protecção às captações”.</p>

A análise cuidada das medidas aprovadas e apresentadas na referida acta, permite verificar que, de um modo geral, é necessário implementar medidas (medidas aprovadas) correspondentes ao nível de intervenção de grau 2 (ver Capítulo 5). A este nível de intervenção considerou-se no presente projecto que estariam associadas medidas do nível de Alerta. Assim, as medidas “reais” estão, de um modo geral, de acordo com as medidas sugeridas para o nível de Alerta proposto para os meses de Fevereiro e Março e identificado no esquema de alerta, apresentado na Fig. 5.28.

Foi ainda analisado o relatório quinzenal de acompanhamento da seca de 2005 do mês de Março (1 a 15 e 16 a 31 de Março), mês a partir do qual começaram a ser disponibilizados relatórios quinzenais de avaliação dos impactos da seca verificada. Nos referidos relatórios refere-se a implementação de medidas características do nível 1 (apresentadas já no Quadro 5.8) e do nível 2 tal como a procura por parte dos municípios de diversificação as origens de água com recurso a novas captações subterrâneas ou à recuperação de origens abandonadas: “*Definição de origens das reservas estratégicas*”, (medida 2k) adoptada do Programa de acompanhamento e mitigação dos efeitos da seca de 2005 elaborado entre 14 e 18 de Fevereiro de 2005). Foram ainda adoptadas medidas de contingência como o transporte de água intra-concelho, a reactivação de furos de reserva ou a abertura de novas captações subterrâneas, medidas consequentes de se verificar já um uso restritivo de alguns usos.

### **Confirmação do estado de emergência (entre Abril e Setembro)**

As medidas accionadas no período entre Abril e Setembro (medidas recolhidas e identificadas na análise dos relatórios quinzenais) permitem identificar o nível de intervenção correspondente à severidade de seca que se verificava. Pretende-se que o nível de intervenção real nos meses secos, seja coincidente com o nível de intervenção atribuído pelo esquema de alerta de secas sugerido no presente trabalho. Deste modo as medidas verificadas entre Abril e Setembro deverão ser medidas de carácter excepcional (correspondendo ao nível 3 de intervenção), isto é, características do nível de Emergência.

Para os meses avaliados apresentam-se algumas das medidas accionadas e impactos verificados, para os vários sectores afectados, de carácter emergente, que permitem justificar a compatibilidade entre o nível de intervenção real e o nível de intervenção proposto no esquema geral de alerta de secas, o nível de Emergência. As medidas e impactos verificados pela análise dos referidos relatórios quinzenais deverão reflectir rupturas nos serviços de abastecimento.

No Anexo V apresenta-se um Quadro que sintetiza os vários impactos e medidas registados nos diferentes meses nos vários sectores avaliados nos relatórios quinzenais de acompanhamento da seca de 2005. Neste Quadro são apresentados para os vários sectores afectados numa situação de seca, os impactos ocorridos na realidade, sendo igualmente identificado, a partir das medidas a accionar em caso de seca descritas no “Programa de acompanhamento e mitigação dos efeitos da seca de 2005 publicado a 22 de Fevereiro de 2005” o correspondente nível de intervenção accionado. Os referidos impactos deverão ser indicativos da ruptura dos serviços de abastecimento para os vários utilizadores da água, a seguir resumidos.

### **Abastecimento público**

- ✓ Transporte de água efectuado por auto-tanques. Correspondente à medida 3c): “*Fornecimento de água potável às populações através de auto-tanques nas situações de ruptura de abastecimento ou de redução da qualidade da água que o justifique*”;
- ✓ Reduções nos períodos de abastecimento. Correspondente à medida 3a): “*Redução dos períodos de abastecimento*”.

### **Agricultura e Pecuária**

- ✓ Proibida a rega dos lameiros. Correspondente à medida 3b): “*Proibição de usos não essenciais, designadamente: novos enchimentos de piscinas, lavagens de automóveis, regas de jardins privados e hortas com água da rede*”

Analisando os resultados obtidos considera-se que de um modo geral as medidas accionadas acompanham o estado de emergência admitido pelo esquema apresentado na Fig. 5.29, isto é, o esquema criado e apresentado deve ser considerado como válido pois na generalidade as medidas accionadas no ano de 2004/05 reflectem os níveis de alerta admitidos no esquema de avaliação bianual de atribuição de níveis de alerta.



# 6

## CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Atendendo aos objectivos gerais do presente projecto, “Definição de cenários de referência para avaliação dos impactos das secas”, procurou-se estabelecer um mecanismo de auxílio à previsão de impactos de seca que permitisse, admitindo uma dada evolução da precipitação, identificar atempadamente níveis de intervenção (medidas) necessários implementar na região estudada (parte portuguesa da bacia do Guadiana) face à severidade de seca esperada. Este sistema de previsão poderá servir de apoio à decisão por parte de entidades gestoras de recursos hídricos.

Assim, numa primeira fase foi efectuada uma caracterização das secas ocorridas na região, com base nos índices de seca de aproximação estatística (NP e Decis) e meteorológica (SPI). Na avaliação da severidade de seca foram considerados registos udométricos de 47 estações de medição da precipitação para o período de 1967/68 a 2005/06. Da aplicação dos índices referidos à série de precipitações anuais, foi possível identificar os principais episódios de seca e quantificar a sua severidade. Considerou-se igualmente uma classificação global dos três índices referidos, que permitisse caracterizar, de um modo geral, a severidade de seca de cada ano do registo histórico analisado (Quadro 4.19).

Identificados os vários anos de seca e a sua severidade, procurou-se caracterizar os níveis de alerta, que estarão na base do esquema de alerta proposto no presente projecto, níveis aos quais são correspondidos níveis de intervenção definidos por medidas consideradas necessárias para mitigação dos impactos decorrentes do défice prolongado de precipitação (Capítulo 5).

Numa fase seguinte, foi esboçado o esquema geral de alerta de secas a partir da análise dos extremos das precipitações mensais acumuladas (para os vários anos estudados) que permitisse, através do conhecimento da severidade de cada ano de seca, traçar uma envolvente da máxima precipitação mensal acumulada para cada classe de severidade de seca (Fig. 5.8). Seguidamente procurou-se estabelecer uma relação entre as referidas envolventes máximas e os níveis de alerta propostos (sugeridos no Capítulo 5), que permitisse definir um esquema de alerta de secas. Este esquema foi criado com base em duas análises intermédias do ano hidrológico, ao fim de 4 (Janeiro) e 6 meses (Março).

Como referido inicialmente, pretendem-se caracterizar cenários meteorológicos de referência para avaliação de potenciais impactos. Assim, foram elaborados cenários possíveis de evolução da precipitação mensal acumulada nos restantes meses de um ano hidrológico de forma a estabelecer uma previsão do nível de intervenção a accionar (identificando o nível de alerta de seca). Os cenários definidos consideram os percentis 10, 30 e 50 de precipitação mensal acumulada do período que se pretende analisar (entre um dado mês em análise, a partir de Janeiro, e o mês de Setembro). A severidade da seca será avaliada com base na precipitação mensal adicionando-se ao valor verificado da precipitação acumulada entre Outubro e o mês em análise, o valor da precipitação calculada a partir dos cenários definidos (precipitação que segue um determinado percentil).

No fundo pretende-se que os referidos cenários, através da projecção da evolução da precipitação para o remanescente de um dado ano hidrológico, permitam identificar, numa primeira aproximação, os níveis de alerta que se poderão ter de accionar em função da seca meteorológica prevista.

Finalmente estendeu-se o esquema geral de alerta de secas e os cenários de possível evolução da precipitação mensal acumulada a uma avaliação num período de dois anos de seca. Dada a frequência de ocorrência de secas bianuais no período analisado, o esquema geral de alerta de secas proposto para um ano hidrológico foi adaptado de modo que o segundo ano fosse representativo de um agravamento dos níveis de alerta a accionar, consequência de, no ano anterior se ter verificado um fenómeno de seca. Uma vez mais é possível definir cenários de evolução de precipitação e prever a severidade de seca e o nível de alerta a accionar num dado mês admitindo uma dada evolução da precipitação mensal acumulada (segundo os percentis anteriormente referidos).

Para testar a “validade” do esquema de alerta de secas definido, foram comparados os níveis de alerta accionados do referido esquema, e os níveis de intervenção reais (com base na informação disponível). Dado que a informação relativa às medidas accionadas nos vários anos de seca se revelou escassa, foi apenas possível avaliar o biénio de seca 2003/04 (seca moderada) e 2004/05 (seca extrema). Constatou-se que para os diferentes meses analisados existe uma compatibilidade geral entre os níveis de intervenção sugeridos (com base nas medidas gerais estipuladas na Resolução do Conselho de Ministros nº 83/2005) e as medidas realmente implementadas.

Como propostas de trabalho futuro sugere-se que se aprofunde o conhecimento de medidas específicas associadas a cada nível de intervenção, especificando medidas de apoio aos vários sectores afectados (abastecimento público, agricultura, indústria, preservação do ambiente). Sugere-se ainda um maior esforço na sistematização e registo das várias medidas accionadas em cada fase do ano hidrológico, bem como dos impactos ocorridos em episódios de seca. Com este esforço, possibilitar-se-ia uma melhor validação do esquema de alerta proposto.

Deve ainda procurar enquadrar-se o esquema de alerta de secas de base meteorológica proposto com uma análise de outras variáveis determinantes na avaliação da afectação hidrológica e das principais utilizações, nomeadamente a análise dos escoamentos e das principais reservas (armazenamentos subterrâneos e superficiais).

## BIBLIOGRAFIA

- Confederación Hidrográfica del Guadiana. (2007). *Plan Especial de Sequía de la Cuenca del Guadiana*. (<http://www.chguadiana.es/>). Novembro 2007.
- Comissão para a Seca 2005, (2005). *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.
- DG Env EC, (2007). *Water Scarcity and Droughts – In-Depth Assessment – Second Interim Report*. Directorate-General Environment, European Commission, Bruxelas, Junho de 2007.
- Hughes, B., Saunders, M. (2002). *A Drought climatology for Europe*. International Journal of Climatology 22, pp. 1571-1592.
- IM. (2006) *Períodos de seca Meteorológica*, Instituto de Meteorologia ([http://www.meteo.pt/pt/didatica/fenom\\_climatologico/seca.html](http://www.meteo.pt/pt/didatica/fenom_climatologico/seca.html))
- INAG (1999). *Plano de Bacia Hidrográfica do Guadiana*, INAG, Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais, Lisboa.
- INAG. (2000). *Análise prévia do Primeiro Semestre do Ano Hidrológico de 2004/05*, INAG, Direcção de Serviços de Recursos Hídricos, Lisboa.
- INAG. (2000). *Programa de Vigilância e Alerta das Secas. Avaliação global do ano hidrológico de 1998/99 e análise preliminar de 1999/2000*, INAG, Direcção de Serviços de Recursos Hídricos, Lisboa.
- INAG. (2001), *Plano Nacional da Água*, Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa.
- INAG. (2005). *Programa de Acompanhamento e Mitigação dos Efeitos da Seca 2005*. Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa.
- INAG. (2006). *Relatório do Balanço da Seca de 2005*. Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa.
- INAG (2006). *Relatórios Mensais de Acompanhamento da seca*. Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa.
- INAG. (2005). *Seca em Portugal Continental*. Relatório da Assembleia da República de 18 de Outubro de 2005. Instituto da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território. Lisboa.
- Maia, R., Vivas, E. (2006). *Caracterização das Secas*. Comunicação apresentada no Seminário Internacional sobre Secas organizado pela FLAD. Lisboa.
- Mckee et al. (1993). *The relationship of Drought frequency and duration of time scales*, Eight Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, 17 – 23 Janeiro, 1993, Anaheim CA, pp. 179-186;
- NDMC. (2006). *Understanding and defining Drought*, National Drought Mitigation Centre, University of Nebraska-Lincoln, 2006 (<http://drought.unl.edu/index.htm>).
- Pires, V. 2004. *Evolução histórica do índice de Palmer (PDSI) em Portugal Continental*. Monografia de meteorologia e Geofísica N°47. Instituto de Meteorologia, Lisboa, Portugal, pp. 15;
- Directiva nº 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro

DL n.º 21/98 de 3 de Fevereiro.

Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro (Lei da Água).

Resolução de Conselho de Ministros n.º 83/2005, de 31 de Março.

### **Páginas Web**

<http://snirh.pt/>. Outubro, 2007 a Janeiro, 2008

<http://www.inag.pt/>. Outubro, 2007 a Janeiro, 2008.

<http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp?zona=continente>. Outubro, 2007.

<http://students.fct.unl.pt/~cmr15657/tig/intruducacao.htm>. Outubro, 2007.

# **ANEXOS**



**ANEXO I**  
**CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA DAS SECAS**

Quadro I.1 – Exemplos de índices de seca utilizados mundialmente para avaliação da severidade das secas

<b>Índices de Seca</b>	<b>Dados necessários</b>	<b>Categoria da utilização</b>
<b>Normal de Precipitação (NP)</b>	Precipitação	Meteorológica
<b>Decis</b>	Precipitação	Meteorológica
<b>Standardized Precipitation Index (SPI)</b>	Precipitação	Meteorológica (usada na monitorização e previsão)
<b>Palmer Drought Severity Index (PDSI)</b>	Precipitação, Temperatura, conteúdo de água no solo	Meteorológica (eficaz na agricultura)
<b>Palmer Hydrological Drought Severity Index (PHDI)</b>	Precipitação, Temperatura, Humidade do Solo e Condições de humidade	Hidrológica (eficaz para monitorização)
<b>Surface Water Supply Index (SWSI)</b>	Neve, Precipitação, escoamento e volumes armazenados	Hidrológica (eficaz quando a parcela da precipitação sob a forma de neve é significativa)
<b>Crop Moisture Index (CMI)</b>	Precipitação, Temperatura e Condições de humidade do solo	Agrícola
<b>Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)</b>	Imagens de satélite	Recursos Naturais, Agrícola
<b>Vegetation Condition Index (VCI)</b>	Imagens de satélite	Recursos Naturais, Agrícola
<b>Temperature Condition Index (TCI)</b>	Reflectância em termos das radiações próximas do infra-vermelho	Agrícola
<b>Water Deficit Index (WDI)</b>	Temperaturas do ar e da superfície	Hidro-agrícola

Onde os índices NP e Decis são “Índices de Aproximação Estatística”, os índices SPI, PDSI, PHDI, SWSI e CMI são do tipo “Índice Meteorológico e Hidrológico”, sendo os restantes índices, NDVI, VCI, TCI e WDI, “Índices de Vegetação”.

**ANEXO II**  
**CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA DA REGIÃO**



Quadro II.1 – Parâmetros estatísticos representativos das séries de precipitação anual das estações seleccionadas.

Estação	Precipitação anual (mm)				
	Máxima	Mínima	Mediana	Média	Desvio Padrão
Alandroal	973,9	294,5	589,1	604,5	194,3
Albernoa	957,0	144,1	502,9	521,1	210,3
Alcaria Longa	1105,5	156,9	418,4	448,0	172,6
Alcoutim	990,4	175,9	494,7	521,1	202,3
Algodor	856,1	161,9	460,5	473,7	164,1
Almodovar	1097,2	207,1	556,2	582,6	208,9
Amareleja	806,3	181,3	485,4	499,5	152,5
Amieira	926,4	200,8	539,8	545,2	186,7
Arronches	1013,3	315,6	522,8	556,1	169,0
Azaruja	1047,9	226,1	518,5	530,5	158,9
Barrancos	851,2	207,5	514,9	535,9	155,1
B.Caia	768,8	197,3	441,7	480,3	147,5
Castro Marim	1016,8	224,2	514,2	543,5	186,7
Castro Verde	938,0	184,8	515,8	521,0	173,9
Corujos	1284,8	227,5	506,4	540,8	212,7
Cuba	929,5	186,2	532,2	545,8	164,8
Degolados	899,2	270,8	518,4	543,3	164,4
Esperança	1142,7	338,5	590,7	645,3	198,7
Herd.Valada	917,7	203,2	518,4	510,1	168,2
Juromenha	933,5	239,6	486,9	494,0	166,8
Martim Longo	1159,1	200,2	511,5	534,0	198,8
Mercador	1427,8	246,0	616,7	668,2	247,9
Mértola	911,0	163,3	382,4	417,7	169,5
Mesquita	952,1	180,9	448,7	490,8	180,8
Pedr.Alentejo	1113,3	176,0	451,5	485,0	196,0
Pereiro	1152,3	222,9	496,7	551,2	202,3
Ponte Mourão	736,1	51,2	222,5	288,5	200,6
Portel	1078,4	192,8	539,5	578,6	198,0
Redondo	860,5	186,3	499,7	523,4	150,3

Quadro II.1 (continuação) – Parâmetros estatísticos representativos das séries de precipitação anual das estações seleccionadas.

Estação	Precipitação anual (mm)				
	Máxima	Mínima	Mediana	Média	Desvio Padrão
Salvada	822,3	219,1	478,2	508,1	156,0
Sta.Barbara	1000,8	223,7	520,1	560,1	193,5
Sta.Clara	1086,2	132,8	455,0	477,3	188,1
Sta.Cruz	1261,7	195,6	522,5	540,5	199,9
Sta.Eulália	1232,0	234,1	586,9	618,4	224,3
Sta.Iria	769,0	204,6	453,1	489,9	159,5
Sta. Susana	973,9	189,6	478,3	488,0	180,0
São Julião	1002,1	98,5	461,7	493,5	195,2
São Manços	1796,7	536,7	935,2	997,2	309,3
São Marcos	872,8	315,8	507,1	528,7	158,7
Santo Aleixo	826,4	92,8	446,9	449,6	162,6
Santiago	917,9	160,5	486,0	505,0	164,2
Serpa	947,2	299,9	591,4	599,7	164,9
Sobreira	1015,5	191,6	467,2	508,2	178,3
Trindade	1656,9	359,8	898,6	949,9	316,8
Vidigueira	895,5	191,5	468,0	471,5	169,7
Vila Viçosa	1127,8	186,7	561,5	581,3	236,4

Quadro II.2 – Parâmetros estatísticos representativos da precipitação anual ponderada para a região estudada.

Estação	Precipitação anual (mm)				
	Máxima	Mínima	Mediana	Média	Desvio Padrão
Valores ponderados para região bacia do Guadiana	888,0	227,7	487,8	533,1	161,6

Quadro II.3 – Precipitações mensais e anuais ponderadas da região em estudo.

Anos	Precipitação mensal ponderada (mm)												Prec. anual ponderada (mm)
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	
67-68	112,5	118,9	15,9	1,1	157,6	91,3	29,8	20,8	14,8	0,5	14,5	9,1	586,8
68-69	26,0	161,7	94,4	133,2	172,9	137,0	34,6	47,3	40,7	1,2	0,2	39,0	888,0
69-70	91,4	117,3	41,6	265,3	12,1	35,6	19,4	43,3	84,4	0,0	1,2	0,1	711,7
70-71	3,8	41,5	47,5	130,1	6,8	35,6	115,2	90,2	42,1	3,7	4,4	0,7	521,4
71-72	10,1	6,4	43,4	99,7	131,4	82,2	9,1	21,6	2,3	7,3	0,0	27,2	440,7
72-73	142,7	37,1	82,0	72,9	20,3	25,7	5,5	64,4	30,7	5,7	0,5	0,4	487,8
73-74	20,9	34,6	67,8	44,3	55,6	65,9	74,4	16,8	25,8	0,1	0,0	0,3	406,4
74-75	1,1	47,6	16,0	46,7	87,9	113,7	29,2	50,0	15,5	0,0	0,3	8,4	416,2
75-76	17,0	18,7	93,2	26,9	59,2	43,9	85,9	18,1	22,5	5,0	16,5	69,0	475,8
76-77	86,2	68,6	159,7	136,3	118,2	11,8	6,2	5,3	36,9	8,2	1,6	12,8	651,8
77-78	111,2	77,8	166,2	42,7	108,2	48,0	71,0	55,0	17,0	0,0	0,4	4,5	702,2
78-79	48,6	62,0	158,0	155,6	135,0	64,2	79,5	9,0	5,5	16,8	0,4	21,6	756,3
79-80	189,2	16,6	22,1	33,0	58,4	67,3	41,0	47,2	8,9	1,3	6,8	10,2	502,1
80-81	51,3	66,6	2,5	2,3	21,5	43,2	61,9	19,3	9,5	0,1	2,0	30,0	310,3
81-82	18,5	1,8	178,3	70,6	40,9	38,3	32,7	4,9	4,5	11,8	15,1	61,2	478,7
82-83	11,9	94,7	29,9	0,9	47,8	4,6	69,5	21,6	9,5	0,8	2,0	21,5	314,7
83-84	54,4	245,8	78,5	27,7	13,0	65,3	57,8	42,1	23,6	1,1	0,8	7,3	617,3
84-85	48,6	111,6	54,7	144,0	96,9	8,7	77,6	35,1	13,7	3,8	0,0	5,4	600,3
85-86	0,3	58,6	64,1	50,1	106,3	34,1	58,3	15,6	1,2	0,0	0,0	72,4	460,9
86-87	43,5	44,4	27,3	106,5	85,6	16,1	71,4	4,2	5,5	21,2	19,5	27,0	472,2
87-88	93,4	82,7	161,3	92,6	28,3	4,7	21,8	74,4	82,8	14,4	0,0	0,5	656,8
88-89	63,1	134,9	7,8	55,7	35,3	36,0	84,4	90,8	5,7	0,0	4,8	43,2	561,7
89-90	158,0	173,1	301,1	43,1	5,5	45,0	126,1	15,8	0,9	0,0	2,2	5,7	876,4
90-91	103,0	63,0	50,0	21,9	87,8	87,2	47,2	0,9	18,8	0,3	0,0	18,0	498,2
91-92	69,4	8,6	55,2	29,8	20,1	20,2	51,3	28,6	50,7	1,4	7,5	19,7	362,6
92-93	38,4	5,1	130,1	21,5	29,8	47,6	54,2	89,1	11,8	0,0	2,6	22,4	452,5
93-94	114,0	115,8	4,8	50,6	77,4	12,1	24,7	67,9	0,9	1,3	0,2	9,8	479,5
94-95	34,7	52,5	35,2	36,7	46,8	24,0	20,5	19,4	13,9	4,4	0,5	9,5	298,1

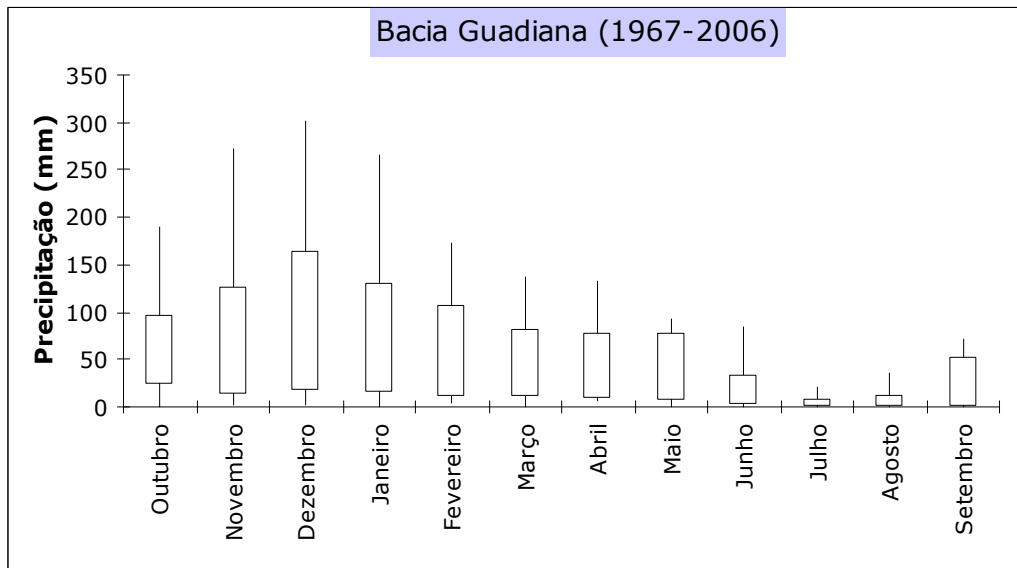
Quadro II.3 (continuação) – Precipitações mensais e anuais ponderadas da região em estudo.

Anos	Precipitação mensal ponderada (mm)												Prec. anual ponderada (mm)
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	
95-96	6,6	136,8	213,7	264,2	47,0	55,7	26,4	91,9	0,3	0,1	0,1	36,7	879,6
96-97	31,5	43,7	245,4	120,8	3,8	0,0	49,9	53,5	30,7	15,3	18,0	28,8	641,4
97-98	55,9	272,8	120,8	50,8	62,6	11,3	32,5	88,2	2,5	0,0	0,0	59,0	756,3
98-99	4,4	14,3	20,7	59,8	12,3	74,2	28,6	33,9	0,7	1,4	5,0	62,6	318,0
99-00	129,4	25,1	40,4	17,7	7,0	29,5	133,9	80,0	2,1	1,1	0,7	10,3	477,1
00-01	31,4	64,6	192,3	57,5	57,0	85,3	6,6	36,4	6,5	1,4	0,9	48,0	587,9
01-02	77,4	41,2	60,1	51,8	13,8	84,2	63,2	16,4	3,2	1,1	2,5	66,0	480,9
02-03	54,2	67,2	85,8	43,9	66,8	34,6	59,6	7,6	1,6	1,5	1,8	5,2	429,9
03-04	135,1	86,7	62,9	24,5	51,2	33,9	20,9	28,2	1,4	0,5	11,4	8,8	465,5
04-05	93,9	13,0	27,4	2,2	13,3	26,8	8,3	27,2	7,5	2,4	3,8	1,9	227,7
05-06	99,6	91,2	55,0	48,1	42,2	65,8	39,2	5,36	28,0	6,0	35,8	21,3	537,6

Quadro II.4 – Parâmetros estatísticos representativos das séries de precipitação mensal da região (precipitação mensal mediana, 1º quartil (25%), mínima, máxima, 3º quartil (75%), média e desvio padrão).

Mês	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro
<b>Mediana</b>	46,0	46,0	48,8	44,1	43,8	34,8	33,6	24,4	7,0	0,9	0,6	9,7
<b>Q1</b>	23,5	35,8	32,6	28,7	20,2	24,8	25,5	16,6	2,9	0,1	0,2	6,5
<b>Mínimo</b>	0,3	1,8	2,5	0,9	3,8	0,0	5,5	0,9	0,3	0,0	0,0	0,1
<b>Máximo</b>	189,2	272,8	301,1	265,3	172,9	137,0	133,9	91,9	84,4	21,2	35,8	72,4
<b>Q3</b>	96,7	103,2	125,4	96,1	86,7	65,9	70,2	54,2	24,7	4,7	4,9	33,4
<b>Média</b>	63,7	75,0	85,0	68,8	57,5	46,4	49,5	38,1	17,6	3,6	4,7	23,2
<b>Desvio Padrão</b>	48,6	61,9	72,1	62,3	44,7	31,7	32,4	28,5	20,4	5,3	7,6	21,9

Figura II.1 – Box Plot para classificação da precipitação mensal ponderada na região.





**ANEXO III**

**COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA O SPI DA  
PARTE PORTUGUESA DA BACIA DO GUADIANA COM A PARTE  
ESPAÑHOLA**



Conhecidas as precipitações mensais de cada estação desde 1967/68 até 2004/05 e conhecido o coeficiente de Thiessen de cada uma das 47 estações existentes na parte portuguesa da Bacia do Guadiana consideradas no desenvolvimento do presente projecto, é possível calcular o valor da precipitação ponderada da bacia para cada mês dos respectivos anos.

Em Anexo (Anexo I) foi discriminada a área de influência de cada estação ( $A_i$  (km<sup>2</sup>)) e respectivo coeficiente de Thiessen ( $c_i = A_i / A_{total}$ ).

Para a análise comparativa dos resultados do SPI obtidos em ambas as partes constituintes da Bacia do Guadiana (Portugal e Espanha) foi calculado o SPI da precipitação anual (em Setembro) para a parte portuguesa.

Os valores obtidos para a parte portuguesa permitiram a construção do gráfico da Figura III.1, que deverá ser comparado com os valores de SPI obtidos para a parte espanhola da Bacia do Guadiana.

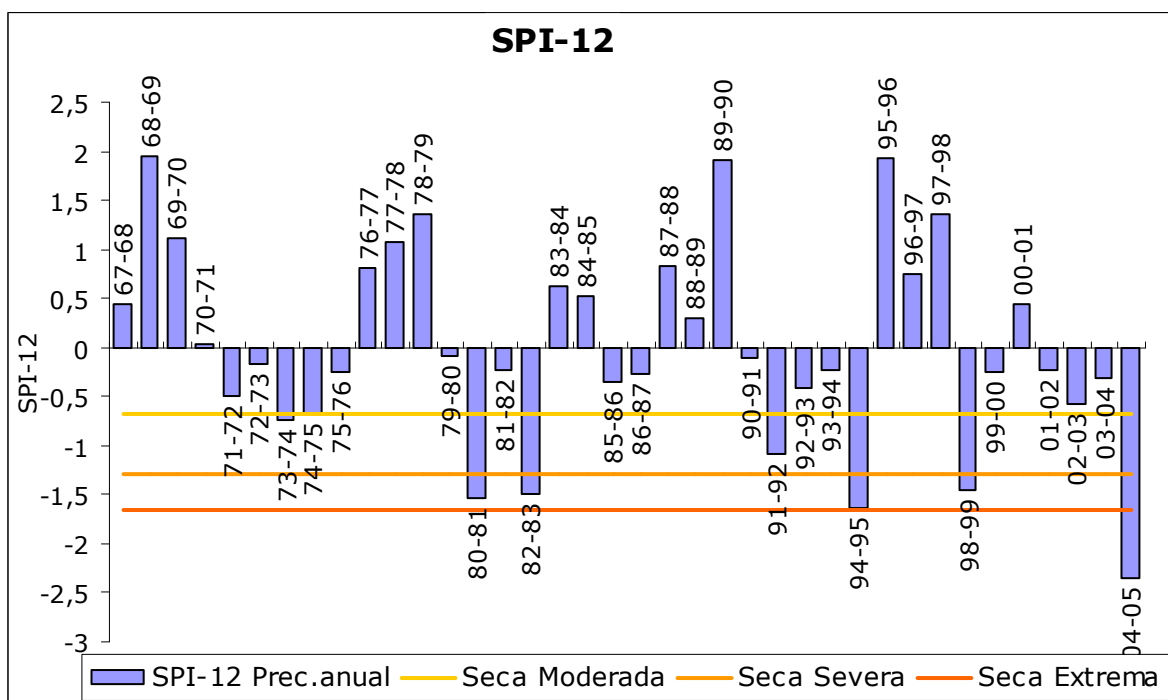


Fig. III.1 – SPI da Bacia Hidrográfica do Guadiana (Portugal) com as curvas representativas da classificação do SPI adoptado em Espanha.

Os correspondentes valores do SPI da parte espanhola da Bacia Hidrográfica do Guadiana permitiram a construção do Gráfico da Figura III.2, retirado do Plan Especial de Sequía de la Cuenca del Guadiana (2007).

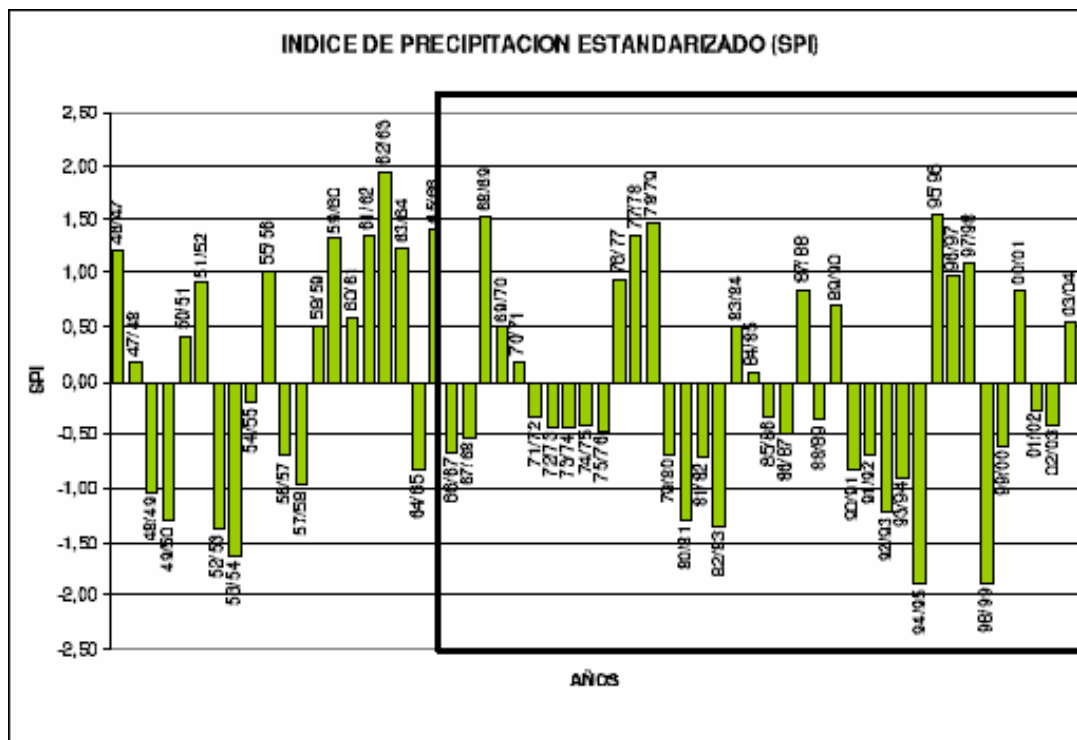


Fig. III.2 – SPI da Bacia Hidrográfica do Guadiana (Espanha) para os anos de 1945/46 a 2003/04 (Fonte: Plan especial de Sequías de la Cuenca del Guadiana - Table 3.2. Gradación de la intensidad de la sequía metereológica en el ámbito de la CHG)

A comparação dos Gráficos da Figuras III.1 e III.2 permite observar que de facto os valores de SPI registados para os vários anos são globalmente semelhantes (os dados disponíveis para o SPI da parte espanhola estão apenas disponíveis até 2003/04) conferindo alguma coerência aos resultados obtidos. Entretanto esta análise comparativa dos resultados do SPI em Portugal e Espanha e consequente severidade das secas ocorridas é apresentada e justificada, com maior detalhe, nas Figuras seguintes.

O gráfico da Figura III.3 engloba para cada ano estudado, dois valores do SPI, um para a parte portuguesa e outro para a parte espanhola. Apresentam-se ainda na Fig. III.3 e III.4 as linhas de tendência do SPI de cada parte da bacia e a razão do SPI entre as duas partes, permitindo uma outra comparação e análise dos resultados obtidos.

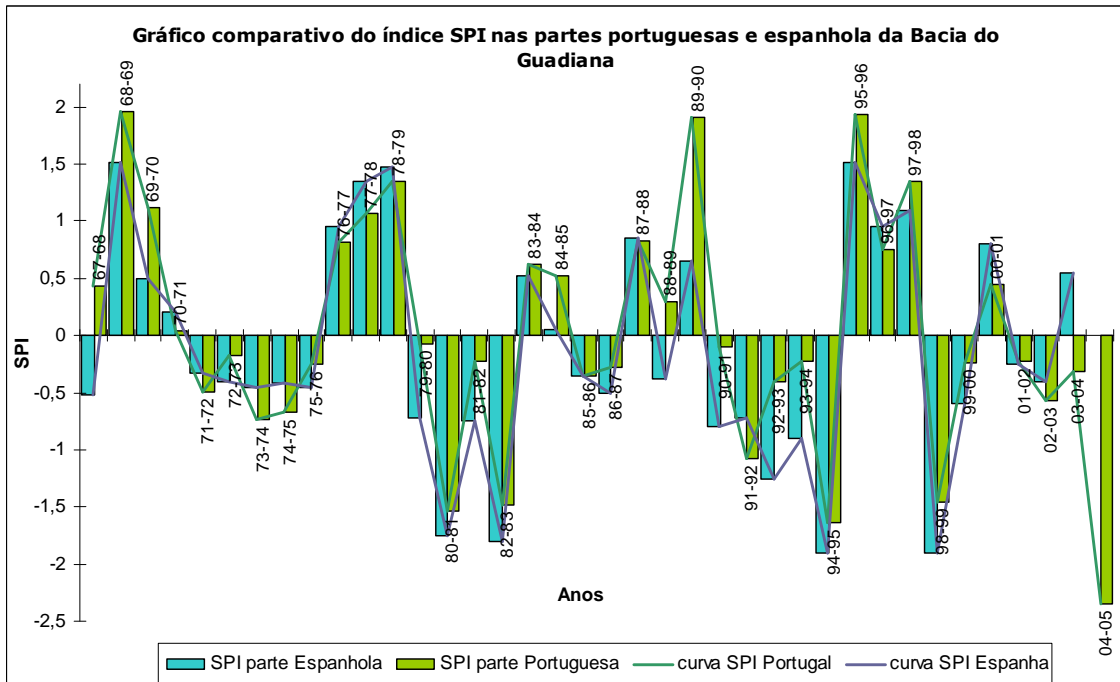


Fig. III.3 – SPI da Bacia Hidrográfica do Guadiana (Portugal e Espanha) e respectivas Linhas de tendência (curvas representativas da média móvel do SPI com um período de 2)

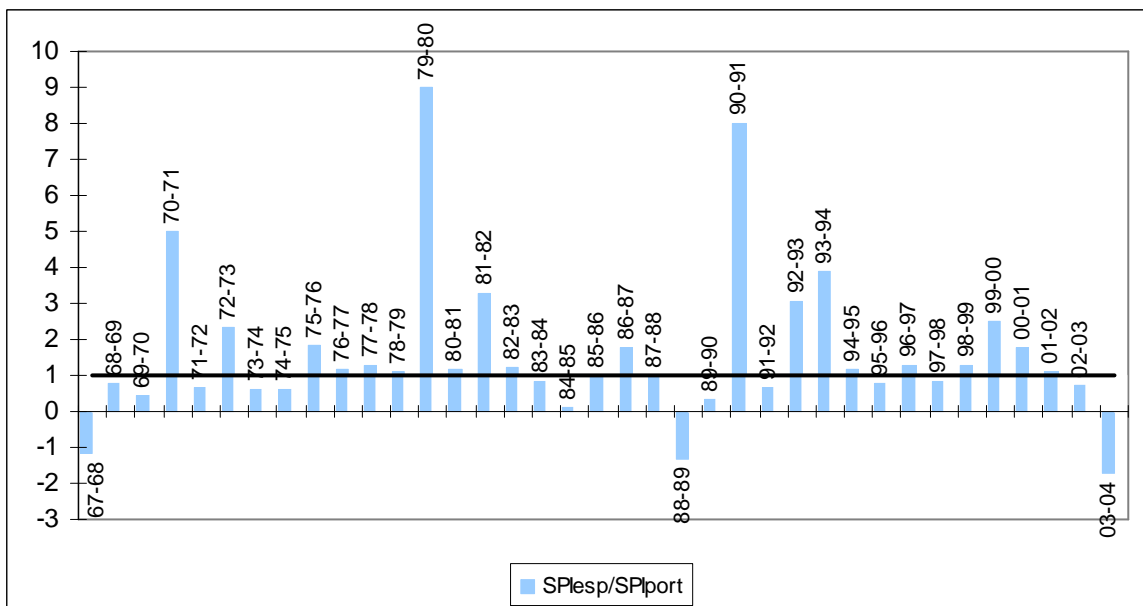


Fig. III.4 – Relação adimensional entre o SPI das duas partes da Bacia do Guadiana

De facto, pela análise das Figuras III.3 e III.4 é possível concluir que:

- ✓ As linhas de tendência (curvas representativas da forma como o SPI varia ao longo dos diversos anos, Fig. III.3) apresentam formas muito próximas, pelo que numa primeira

abordagem se pode considerar que os valores de SPI para os vários anos nas partes espanhola e portuguesa evoluem da mesma forma;

- ✓ Chove ligeiramente mais na parte portuguesa da Bacia do Guadiana que na parte espanhola (os valores positivos de SPI em Portugal são em geral mais elevados e ocorrem com mais frequência que os valores do mesmo índice em Espanha; a linha de tendência da média móvel do SPI português apresenta valores médios superiores aos da linha de tendência do SPI espanhol) e em Espanha ocorrem fenómenos de seca mais intensos (os valores de SPI em Espanha são menores que os valores de SPI em Portugal; a linha de tendência espanhola apresentar valores médios inferiores aos encontrados na linha de tendência do SPI calculado para a parte portuguesa da referida Bacia);
- ✓ A análise da Fig. III.4 permite ainda concluir que apenas em três anos do período analisado ocorreu uma situação bastante diferente nas duas partes da Bacia, ou seja, onde numa parte ocorreu uma situação de seca, enquanto que na outra tal fenómeno não se verificou, pois ocorreram grandes volumes de precipitação. Este fenómeno ocorreu nos anos 1967/68, 1988/89 e 2003/04. Os dois primeiros anos referidos correspondem a situações de seca em Espanha, mas o último ano corresponde a uma situação de seca em Portugal, onde já se anunciava um período de seca que tomaria graves proporções (2004/05).
- ✓ Na maioria dos anos o SPI positivo espanhol é superior ao SPI português (SPI Espanha/SPI Portugal  $\geq 1$ , ver Fig. III.4). Salvo algumas excepções (onde o SPI é inferior a 1) Portugal apresenta um défice de precipitação menor;

Em termos gerais, poder-se-á então concluir que os valores do SPI na parte portuguesa e espanhola apresentam valores semelhantes e que os anos onde se verificaram as maiores secas também são praticamente coincidentes nas duas partes da bacia. A classificação do SPI adoptada pelos espanhóis deverá, assim, ser a classificação a adoptar na bacia do Guadiana (parte portuguesa).

**ANEXO IV**  
**PERCENTIS DAS DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MENSAL**  
**ACUMULADA**



## 1. Fevereiro a Setembro

Quadro IV.1 – Precipitações acumuladas mensais a partir do mês de Fevereiro para os diferentes percentis (valor a somar à precipitação acumulada no final do mês de Janeiro)

Percentil	Precipitações acumuladas encontradas em cada percentil (mm)							
	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro
10	11,1	40,3	64,7	114,8	137,4	148,2	151,8	173,1
20	13,6	49,4	106,2	132,2	154,5	154,8	165,7	195,4
30	24,2	71,0	117,8	147,1	179,4	182,8	184,4	201,1
40	42,1	78,5	132,5	177,7	192,0	193,6	195,6	220,4
50	51,2	89,5	155,7	192,4	201,8	204,0	215,5	241,3
60	59,1	102,5	163,7	212,3	222,5	226,0	230,0	250,5
70	79,9	119,5	175,2	219,8	236,1	237,5	240,7	259,4
80	91,5	141,2	197,1	245,1	248,8	252,7	254,0	292,2
90	120,9	199,7	227,9	281,1	293,8	296,9	298,3	307,9
100	172,9	309,8	344,4	391,7	432,4	433,5	433,7	472,8

**Nota:** a amarelo apresentam-se os valores a utilizar no presente estudo

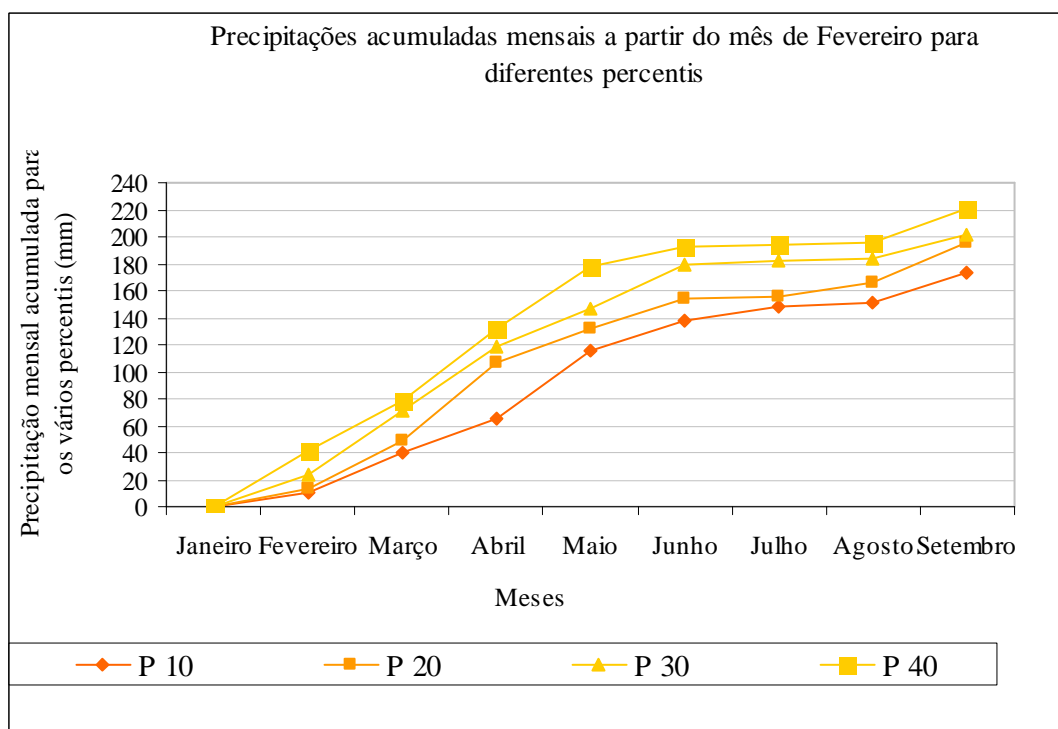


Fig. IV.1 – Percentis das precipitações mensais acumuladas para o período de Fevereiro a Setembro

## 2. Março a Setembro

Quadro IV.2 – Precipitações acumuladas mensais a partir do mês de Março para os diferentes percentis (valor a somar à precipitação acumulada no final do mês de Fevereiro)

Percentil	Precipitações acumuladas encontradas em cada percentil (mm)						
	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro
10	10,5	42,4	89,9	94,6	102,4	107,1	116,0
20	17,8	54,9	99,4	107,7	114,7	117,1	147,6
30	30,0	77,2	103,9	134,0	134,2	136,5	167,5
40	34,9	88,2	114,6	135,6	140,1	146,0	180,9
50	98,0	94,3	129,0	154,1	154,4	167,4	184,0
60	105,7	105,1	140,8	164,3	167,6	174,1	195,9
70	121,0	120,8	156,5	179,3	179,8	183,6	198,4
80	138,0	136,8	174,0	188,3	190,4	191,6	213,5
90	148,4	148,0	196,5	210,0	210,1	211,2	258,3
100	171,5	171,5	243,4	283,1	286,7	291,1	299,9

Nota: a amarelo apresentam-se os valores a utilizar no presente estudo

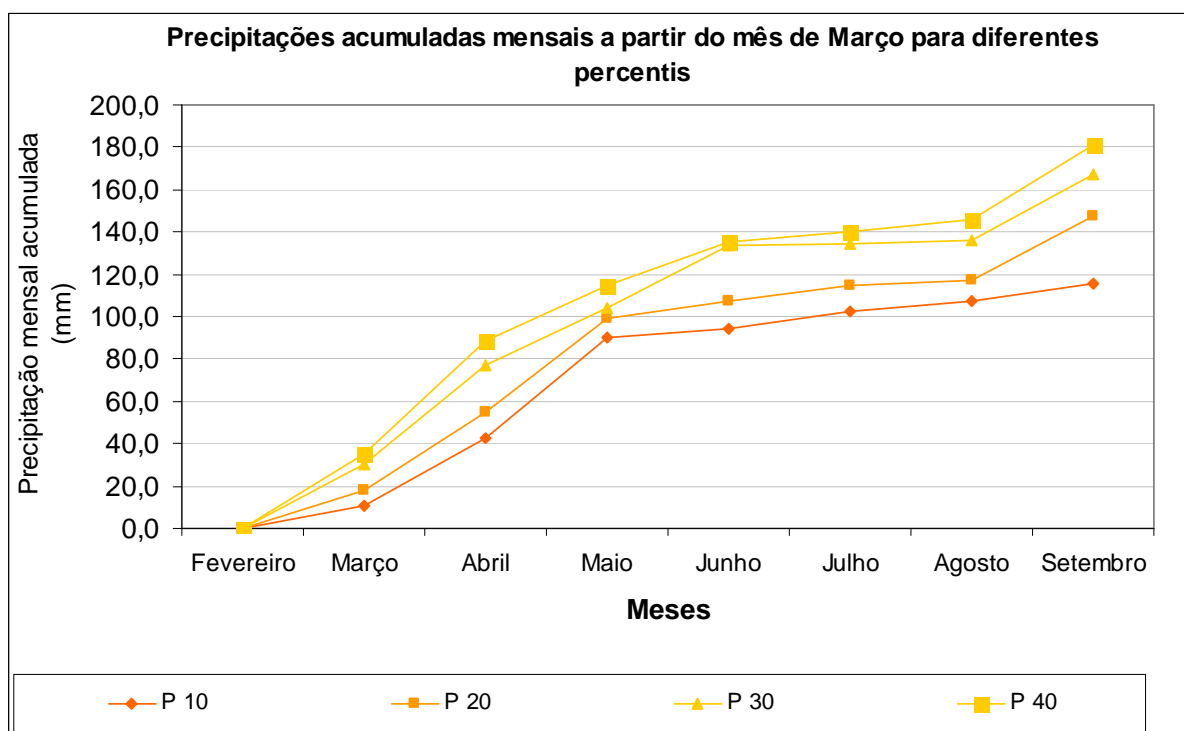


Fig. IV.2 – Percentis das precipitações mensais acumuladas para o período de Março a Setembro

### 3. Abril a Setembro

Quadro IV.3 – Precipitações acumuladas mensais a partir do mês de Abril para os diferentes percentis (valor a somar à precipitação acumulada no final do mês de Março)

Percentil	Precipitações acumuladas encontradas em cada percentil (mm)					
	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
10	8,9	39,5	49,2	53,3	58,7	71,2
20	21,5	50,0	64,5	65,4	69,4	95,6
30	28,8	68,3	77,4	78,6	82,8	110,5
40	33,1	79,3	93,6	95,5	96,7	126,0
50	47,8	81,9	100,6	106,3	111,2	132,7
60	57,1	91,2	121,8	122,3	122,9	147,9
70	62,7	98,4	126,5	129,7	129,9	151,7
80	72,6	115,0	137,6	142,9	146,2	169,8
90	84,7	142,2	159,8	160,2	171,1	200,4
100	133,9	213,9	247,5	251,1	255,5	256,2

**Nota:** a amarelo apresentam-se os valores a utilizar no presente estudo

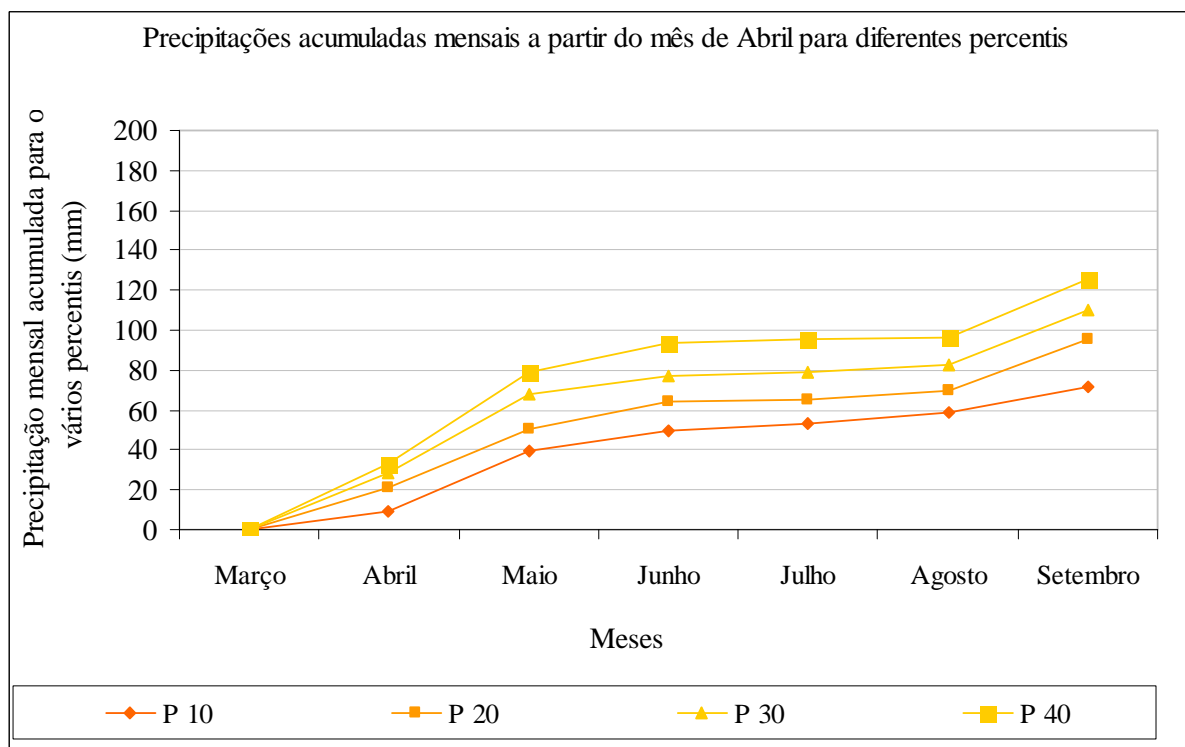


Fig. IV.3 – Percentis das precipitações mensais acumuladas para o período de Abril a Setembro

#### 4. Maio a Setembro

Quadro IV.4 – Precipitações acumuladas mensais a partir do mês de Maio para os diferentes percentis (valor a somar à precipitação acumulada no final do mês de Abril)

Percentil	Precipitações acumuladas encontradas em cada percentil (mm)				
	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
10	7,1	16,3	20,6	20,6	22,6
20	16,2	22,2	30,6	30,6	33,0
30	19,3	32,0	33,6	33,6	41,0
40	22,8	36,6	38,8	38,8	46,2
50	33,9	42,8	50,4	50,4	52,7
60	43,1	65,7	66,5	66,5	67,3
70	48,9	80,2	80,8	80,8	82,9
80	65,8	89,1	91,3	91,3	91,4
90	88,3	97,3	100,8	100,8	106,3
100	91,9	157,2	171,5	171,5	171,5

Nota: a amarelo apresentam-se os valores a utilizar no presente estudo

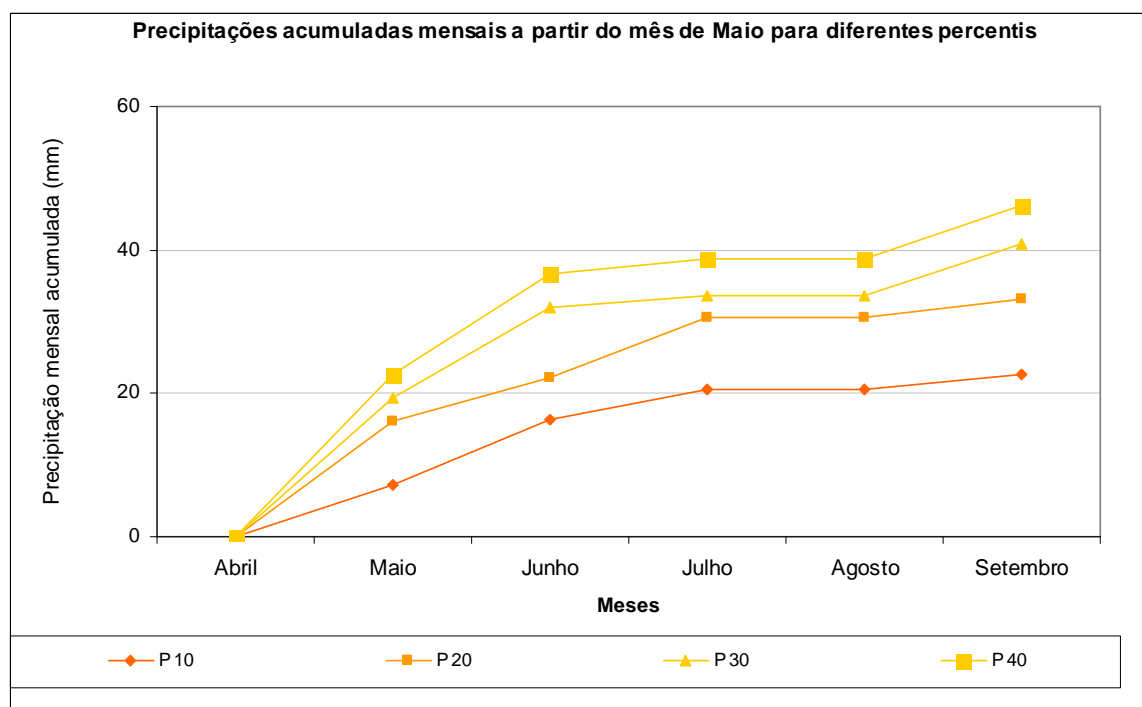


Fig. IV.4 – Percentis das precipitações mensais acumuladas para o período de Maio a Setembro

## 5. Junho a Setembro

Quadro IV.5 – Precipitações acumuladas mensais a partir do mês de Junho para os diferentes percentis (valor a somar à precipitação acumulada no final do mês de Maio)

Percentil	Precipitações acumuladas encontradas em cada percentil (mm)			
	Junho	Julho	Agosto	Setembro
10	16,3	20,6	22,6	42,9
20	22,2	30,6	33,0	54,6
30	32,0	33,6	41,0	60,2
40	36,6	38,8	46,2	74,6
50	42,8	50,4	52,7	80,2
60	65,7	66,5	67,3	92,4
70	80,2	80,8	82,9	102,8
80	89,1	91,3	91,4	128,6
90	97,3	100,8	106,3	141,7
100	157,2	171,5	171,5	172,0

**Nota:** a amarelo apresentam-se os valores a utilizar no presente estudo

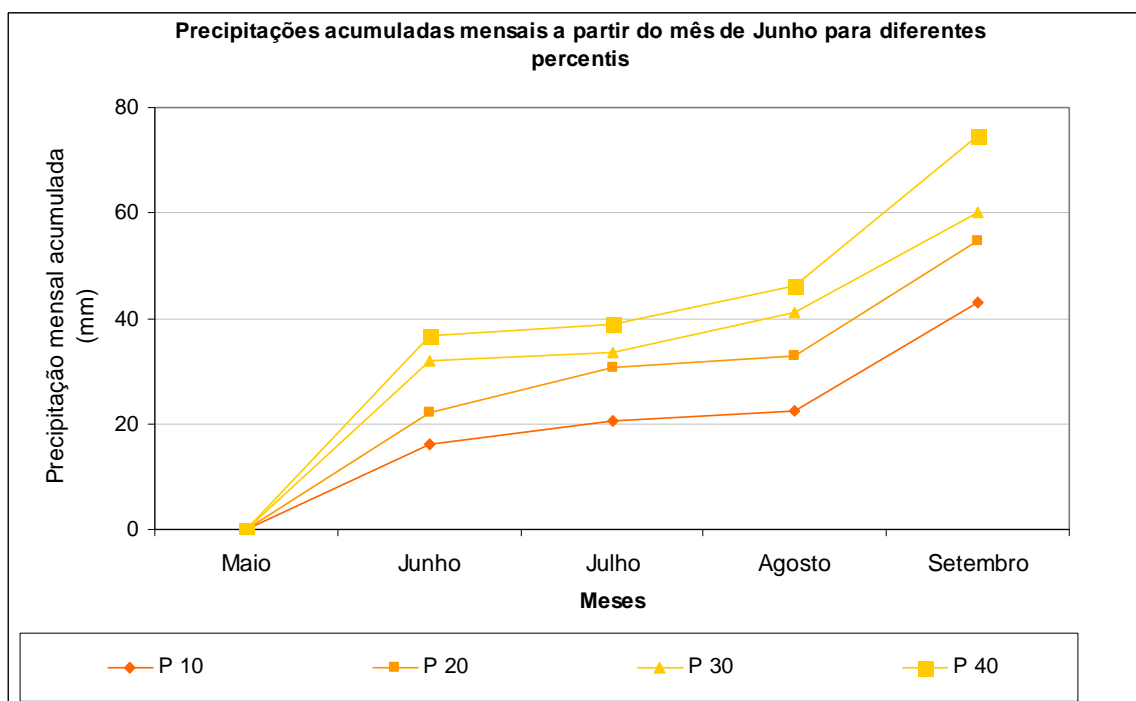


Fig. V.5 – Percentis das precipitações mensais acumuladas para o período de Junho a Setembro

## 5. Julho a Setembro

Quadro IV.6 – Precipitações acumuladas mensais a partir do mês de Julho para os diferentes percentis (valor a somar à precipitação acumulada no final do mês de Junho)

Percentil	Precipitações acumuladas encontradas em cada percentil (mm)		
	Julho	Agosto	Setembro
10	2,0	2,5	13,1
20	3,2	4,7	22,6
30	8,6	9,9	27,7
40	10,3	13,8	36,8
50	15,5	17,5	37,3
60	18,2	22,0	43,7
70	25,4	30,8	58,4
80	35,3	42,8	73,3
90	45,8	52,0	87,1
100	97,2	97,2	113,0

**Nota:** a amarelo apresentam-se os valores a utilizar no presente estudo

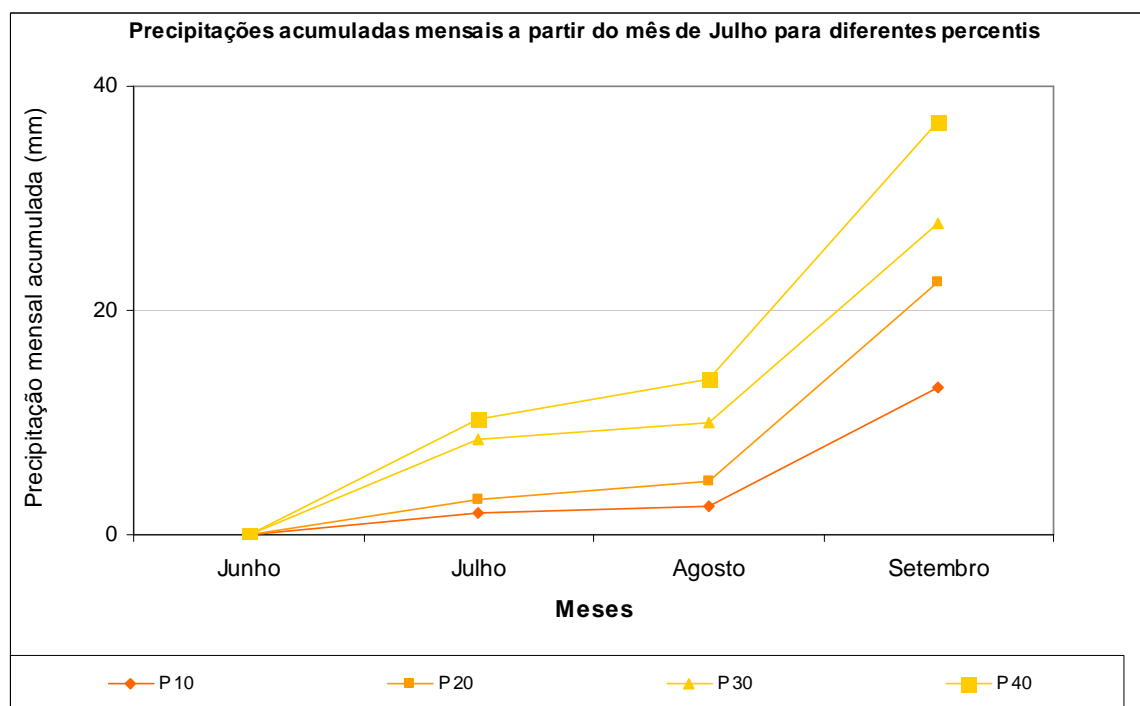


Fig. IV.6 – Percentis das precipitações mensais acumuladas para o período de Julho a Setembro

## 7. Agosto a Setembro

Quadro IV.7 – Precipitações acumuladas mensais a partir do mês de Agosto para os diferentes percentis (valor a somar à precipitação acumulada no final do mês de Julho)

Percentil	Precipitações acumuladas encontradas em cada percentil (mm)	
	Agosto	Setembro
10	0,3	6,2
20	0,9	8,6
30	1,9	10,1
40	2,4	15,5
50	3,5	22,6
60	5,9	27,9
70	7,8	38,0
80	10,6	53,8
90	18,0	69,1
100	40,7	90,4

Nota: a amarelo apresentam-se os valores a utilizar no presente estudo

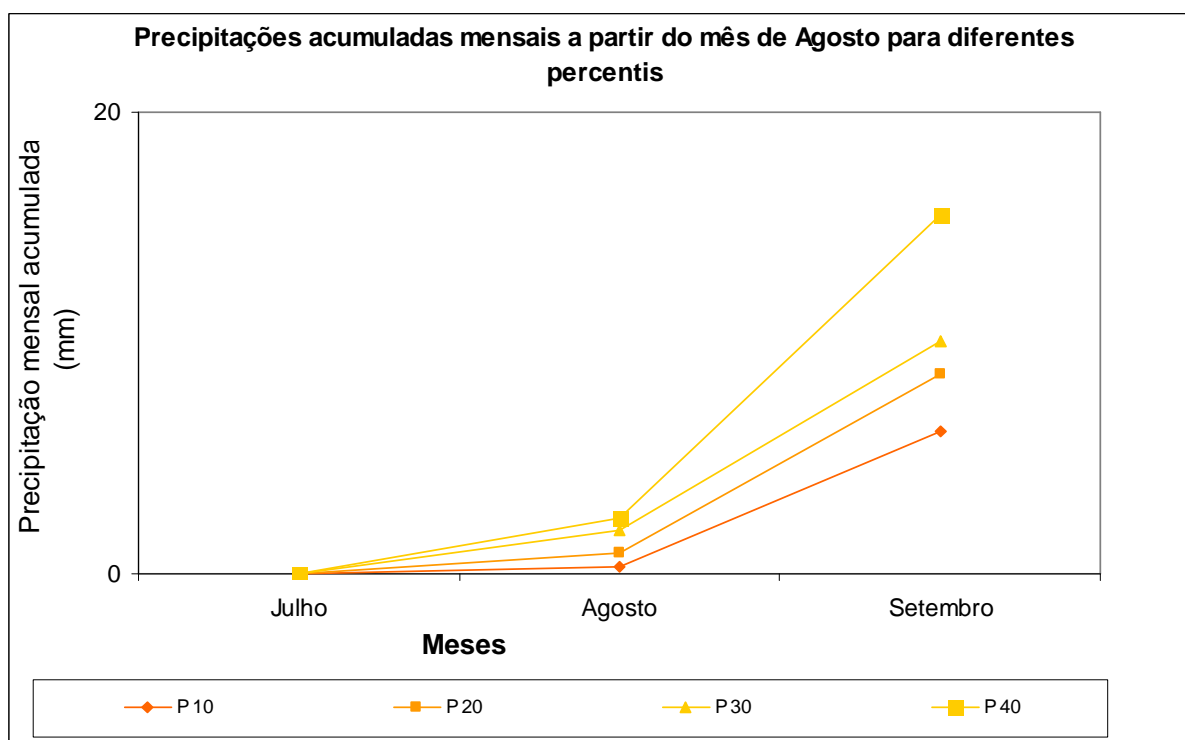


Fig. IV.7 – Percentis das precipitações mensais acumuladas para o período de Agosto a Setembro



**ANEXO V**

**IMPACTOS E MEDIDAS DA SECA DE 2004/05**



Quadro V.1 – Medidas e impactos verificados na região analisada ao longo do ano hidrológico do ano de seca extrema de 2004/05 e correspondente nível de alerta associado (Associação das medidas aos níveis segundo o Programa de Acompanhamento e Mitigação dos efeitos da seca 2005).

Sector avaliado	Medidas accionadas verificadas	Nível de intervenção das medidas associadas
<b>Março 2005</b> (Análise dos relatórios quinzenais 1-15 e 16 a 31 Março)		
<b>Abastecimento público</b>	<b>Impactos</b>	
	Os problemas mais significativos nível de abastecimento de água foram identificados em aglomerados de pequenas dimensões, geralmente servidos por origens de água subterrâneas.	-
	<b>Medidas</b>	
	Procura por parte dos municípios em diversificar as origens de água com recurso a novas captações subterrâneas ou à recuperação de origens abandonadas. Adopção de medidas de contingência como o transporte de água intra-concelho, a reactivação de furos de reserva ou a abertura de novas captações subterrâneas.	2 k)
	Lançamento de campanhas de sensibilização para a poupança e uso eficiente de água por parte das entidades gestoras.	TN <sup>(1)</sup>
<b>Agricultura e Pecuária</b>	<b>Impactos</b>	
	Condições de abeberamento do gado em pleno campo a ficar comprometidas por falta de água.	-
	Primeira afectação dos cereais praganosos (trigo, tritcale e cevada), prados, as pastagens e as culturas forrageiras, que influenciam a alimentação das diferentes espécies pecuárias.	-
	Os stocks de palhas, de fenos e de silagens esgotaram-se na maioria das explorações agrícolas.	-
	<b>Medidas</b>	
	A adopção de medidas de poupança de água, nomeadamente com a redução de consumos na rega das culturas e o cultivo de espécies menos consumidoras de água ou de ciclos curtos.	TN <sup>(1)</sup>
<b>Biomassa e Diversidade</b>	Como medida cautelar foi dado início à avaliação das cargas piscícolas nas albufeiras do Alentejo, para o caso de ser necessário remover alguma biomassa (no caso de a qualidade da água potenciar a mortalidade dos peixes presentes).	1 g)

<sup>(1)</sup> TN – Medidas aplicadas em qualquer nível de intervenção

Quadro V.1 (continuação) – Medidas e impactos verificados na região analisada ao longo do ano hidrológico do ano de seca extrema de 2004/05 e correspondente nível de alerta associado (Associação das medidas aos níveis segundo o Programa de Acompanhamento e Mitigação dos efeitos da seca 2005).

Sector avaliado	Medidas accionadas verificadas	Nível de intervenção das medidas associadas
<b>Abril 2005 (Análise dos relatórios quinzenais 1-15 e 16 a 30 Abril)</b>		
<b>Abastecimento público</b>	<b>Impactos</b>	
	“Antecipação” das carências pontuais de abastecimento que tipicamente ocorrem no Verão.	-
	Envio de uma Circular informativa a todas as Autoridades de Saúde, assim como folhetos e brochuras como materiais de divulgação das medidas a tomar.	-
	Lançamento de campanhas de sensibilização para a poupança e uso eficiente de água por parte das entidades gestoras.	-
	<b>Medidas</b>	
	Problemas a nível de abastecimento de água identificados em aglomerados de pequenas dimensões, geralmente servidos por origens de água subterrâneas. Para minimizar estes impactos foi efectuado o transporte de água por auto-tanques.	3 c)
Procura por parte dos municípios em diversificar as origens de água com recurso a novas captações subterrâneas ou à recuperação de origens abandonadas. Adopção de medidas de contingência como o transporte de água intra-concelho, a reactivação de furos de reserva ou a abertura de novas captações subterrâneas.	2 k)	
Reforço da vigilância sanitária e a monitorização da qualidade da água para os diferentes usos	2 c)	
<b>Agricultura e Pecuária</b>	<b>Impactos</b>	
	As fracas disponibilidades de água para rega impediram o fornecimento das dotações necessárias às culturas permanentes.	-
	Criação de linhas de crédito: Alimentação animal	-
	Criação de linhas de crédito: Investimentos em infra-estruturas de abeberamento animal.	
<b>Medidas</b>		
O abeberamento do gado no campo complicou-se, tendo-se procedido à distribuição de água em reboques-cisternas.	3 c)	
<b>Actividades Empresariais</b>	<b>Impactos</b>	
	Efeitos indirectos da seca nas empresas com actividades relevantes no interface com a produtividade do território, designadamente, a agricultura, a pesca e a caça.	-
<b>Biomassa e Diversidade</b>	<b>Medidas</b>	
	Como medida cautelar foi dado início à avaliação das cargas piscícolas nas albufeiras do Alentejo e definição de mecanismos de prevenção, para o caso de ser necessário remover alguma biomassa (no caso de a qualidade da água potenciar a mortalidade dos peixes presentes).	1 g)

Quadro V.1 (continuação) – Medidas e impactos verificados na região analisada ao longo do ano hidrológico do ano de seca extrema de 2004/05 e correspondente nível de alerta associado (Associação das medidas aos níveis segundo o Programa de Acompanhamento e Mitigação dos efeitos da seca 2005).

Sector avaliado	Medidas accionadas verificadas	Nível de intervenção das medidas associadas
<b>Maio 2005 (Análise dos relatórios quinzenais 1 a 15 e 16 a 31 Maiol)</b>		
<b>Abastecimento público</b>	<b>Impactos</b>	
	Baixo nível de água nas origens subterrâneas e nas albufeiras.	-
	Esgotamento de furos.	-
	Ligeira diminuição da qualidade de água.	-
	A necessidade de apoio técnico para captação de águas subterrâneas.	-
	<b>Medidas</b>	
	Municípios a recorrer a transvazes a partir de autotanques para abastecimento de reservatórios de sistemas de abastecimento de água.	3 c)
Os municípios referiram reduções nos períodos de abastecimento.	3 a)	
<b>Agricultura e Pecuária</b>	<b>Impactos</b>	
	As searas de Outono-Inverno foram já desviadas para feno ou pastoreio.	-
	Feneação e/ou pastoreação de muitas searas.	-
	Restrições na água para rega de culturas arbóreas e arbustivas, ainda que apresentem um aspecto vegetativo regular.	-
	No que diz respeito ao abeberamento dos animais, verificaram-se alguns casos de recurso a abastecimento de água no exterior das explorações e alguns produtores são obrigados a abeberar o gado com água de furos que em anos anteriores se destinava ao regadio.	-
<b>Actividades Empresariais</b>	Efeitos indirectos da seca nas empresas com actividades relevantes no interface com a produtividade do território, designadamente, a agricultura, a pesca e a caça. Consequências em determinados sectores industriais, como o sector químico ou o tratamento de águas.	-
<b>Biomassa e Diversidade</b>	Redução das condições físicas para sobrevivência e qualidade de vida peixes (falta de oxigénio dissolvido).	-
	<b>Medidas</b>	
	Remoção da biomassa piscícola. É previsível que voltem a ocorrer fenómenos esporádicos ou generalizados de mortalidade piscícola nestas massas de água, quer provocados por falta de oxigénio quer por intoxicação dos peixes por toxinas associadas a blooms algais.	2 h)

Quadro V.1 (continuação) – Medidas e impactos verificados na região analisada ao longo do ano hidrológico do ano de seca extrema de 2004/05 e correspondente nível de alerta associado (Associação das medidas aos níveis segundo o Programa de Acompanhamento e Mitigação dos efeitos da seca 2005).

Sector avaliado	Medidas accionadas verificadas	Nível de intervenção das medidas associadas
<b>Junho 2005 (Análise dos relatórios quinzenais 1-15 e 16 a 30 Junho)</b>		
<b>Abastecimento público</b>	<b>Impactos/Medidas</b>	
	idem Maio	3 a) e 3 c)
<b>Agricultura e Pecuária</b>	<b>Impactos</b>	
	Baixíssimas produtividades relativamente às culturas cerealíferas de Outono-Inverno.	-
	Os prados e pastagens naturais de sequeiro encontravam-se de um modo geral esgotados. A situação era de carência total e muito preocupante. No regadio a situação era um pouco melhor, mas com tendência a piorar, devido às insuficientes disponibilidades hídricas para as necessidades das plantas (a maioria das charcas e barragens estão praticamente secas).	-
	As condições de abeberamento do gado em pleno campo agravaram-se, continuando a registar-se um aumento das situações em que é necessário fazer a distribuição de água por intermédio de autotanques e reboques-cisternas.	-
	Pedidos de apoio técnico e financeiro.	-
<b>Actividades Empresariais</b>	<b>Impactos</b>	
	Efeitos indirectos da seca nas empresas com actividades relevantes no interface com a produtividade do território, designadamente, a agricultura, a pesca e a caça.	-
<b>Biomassa e Diversidade</b>	<b>Impactos</b>	
	Redução das condições físicas para sobrevivência e qualidade de vida peixes (falta de oxigénio dissolvido).	-
	É previsível que voltem a ocorrer fenómenos esporádicos ou generalizados de mortalidade piscícola nestas massas de água, quer provocados por falta de oxigénio quer por intoxicação dos peixes por toxinas associadas a blooms algais.	-
	<b>Medidas</b>	
	A operação de extracção de biomassa piscícola na Albufeira do Enxoée extracção preventiva do peixe vivo na albufeira do Roxo.	2 h)

Quadro V.1 (continuação) – Medidas e impactos verificados na região analisada ao longo do ano hidrológico do ano de seca extrema de 2004/05 e correspondente nível de alerta associado (Associação das medidas aos níveis segundo o Programa de Acompanhamento e Mitigação dos efeitos da seca 2005).

Sector avaliado	Medidas accionadas verificadas	Nível de intervenção das medidas associadas
<b>Julho 2005 (Análise dos relatórios quinzenais 1-15 e 16 a 31 Julho)</b>		
<b>Abastecimento público</b>	<b>Impactos</b>	
	Baixo nível de água nas origens subterrâneas e nas albufeiras.	-
	Esgotamento de furos.	-
	Ligeira diminuição da qualidade de água.	-
	A necessidade de apoio técnico para captação de águas subterrâneas.	-
	<b>Medidas</b>	
Idem Maio	3 a) e 3c)	
<b>Agricultura e Pecuária</b>	<b>Impactos</b>	
	Diminuição das disponibilidades de água para rega, bem como na capacidade de água utilizável no solo.	-
	Afectação da evolução das culturas.	-
	Problemas no abeberamento dos animais. Necessidade de recorrer à distribuição de água por intermédio de auto-tanques e reboques cisterna.	-
	Culturas de sequeiro muito afectadas, evidenciando sintomas de stress hídrico.	-
<b>Produção de Energia</b>	<b>Impactos</b>	
	Redução na produção de energia nas centrais hidroeléctricas integradas em aproveitamentos hidroagrícolas.	-
<b>Actividades Empresariais</b>	<b>Impactos</b>	
	Efeitos indirectos da seca nas empresas com actividades relevantes no interface com a produtividade do território, designadamente, a agricultura, a pesca e a caça.	-
<b>Biomassa e Diversidade</b>	<b>Impactos/Medidas</b>	
	idem Junho	2 h)

Quadro V.1 (continuação) – Medidas e impactos verificados na região analisada ao longo do ano hidrológico do ano de seca extrema de 2004/05 e correspondente nível de alerta associado (Associação das medidas aos níveis segundo o Programa de Acompanhamento e Mitigação dos efeitos da seca 2005).

Sector avaliado	Medidas accionadas verificadas	Nível de intervenção das medidas associadas
<b>Agosto 2005</b> (Análise dos relatórios quinzenais 1-15 e 16 a 31 Agosto)		
<b>Abastecimento público</b>	<b>Impactos/Medidas</b>	
	idem Maio	3 a) e 3 c)
	<b>Impactos</b>	
	Falta de pressão na rede.	-
<b>Agricultura e Pecuária</b>	<b>Impactos</b>	
	Afectação da evolução das culturas.	-
	Problemas no abeberamento dos animais.	-
	Agravamento do estado vegetativo dos prados e pastagens de sequeiro devido à redução do número de regas.	-
	Dependência forrageira do exterior. O consumo de rações industriais tem vindo a aumentar. Os stocks de feno são reduzidos, agravando-se cada vez mais as condições de alimentação dos animais.	-
	<b>Medidas</b>	
	Proibida a rega dos lameiros.	3 b)
<b>Produção de Energia</b>	<b>Impactos</b>	
	Redução na produção de energia nas centrais hidroeléctricas integradas em aproveitamentos hidroagrícolas.	-
<b>Biomassa e Diversidade</b>	<b>Impactos/Medidas</b>	
	idem Junho	2 h)

Quadro V.1 (continuação) – Medidas e impactos verificados na região analisada ao longo do ano hidrológico do ano de seca extrema de 2004/05 e correspondente nível de alerta associado (Associação das medidas aos níveis segundo o Programa de Acompanhamento e Mitigação dos efeitos da seca 2005).

Sector avaliado	Medidas accionadas verificadas	Nível de intervenção das medidas associadas
<b>Setembro 2005</b> (Análise dos relatórios quinzenais 1 a 15 e 16 a 30 Setembro)		
<b>Abastecimento público</b>	<b>Impactos/Medidas</b>	
	idem Agosto	3 a) e 3 c)
<b>Agricultura e Pecuária</b>	<b>Impactos</b>	
	O consumo de rações industriais tem vindo a aumentar à medida que se vão esgotando as palhas e os restolhos dos cereais.	-
	Mantêm-se os problemas graves no abeberamento dos animais.	-
	Estado vegetativo dos prados e pastagens de sequeiro encontram-se, de uma maneira geral, esgotados.	-
	A alimentação do gado continua a ser assegurada por recurso, anormal para a época, a palha, fenos e rações industriais.	-
	Agravamento dos custos com operações de rega (causados pelo aumento da distância aos pontos de abastecimento. São necessários motores mais potentes ocorrendo maior consumo de combustível, são necessários igualmente mais metros de tubagem e um aumento do número de horas de bombagem devido às reduções verificadas nos caudais.	-
<b>Produção de Energia</b>	<b>Impactos</b>	
	Redução na produção de energia nas centrais hidroeléctricas integradas em aproveitamentos hidroagrícolas.	-
<b>Actividades Empresariais</b>	<b>Impactos</b>	
	Efeitos indirectos da seca nas empresas com actividades relevantes no interface com a produtividade do território, designadamente, a agricultura, a pesca e a caça.	-
<b>Biomassa e Diversidade</b>	<b>Impactos/Medidas</b>	
	idem Junho	2 h)

<sup>(1)</sup> TN – Medidas aplicadas em qualquer nível de intervenção