

Proposta Metodológica para Levantamentos Hidrogeológicos em Ambientes Graníticos

João Pedro da Costa Maia

Dissertação submetida para a obtenção do requisitos do grau de
Mestre em Engenharia de Minas e Geo-Ambiente

Orientador: Professor Doutor Joaquim Eduardo Sousa Góis

Coorientador: Professor Doutor Alexandre Júlio Machado Leite

Outubro de 2014

MESTRADO EM ENGENHARIA DE MINAS E GEO-AMBIENTE 2013/2014

Departamento de Engenharia de Minas

Tel. +351-22-508 196

Fax +351-22-508 1448

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

Email: feup@fe.up.pt

URL: <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionada o Autor e feita referência a Mestrado em Engenharia de Minas e Geo-Ambiente – 2013/2014- Departamento de engenharia de Minas e Geo-Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal 2014.

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.

Agradecimentos

Muito especialmente, desejo agradecer aos meus orientadores, Professor Doutor Joaquim Góis e Professor Doutor Alexandre Leite, pela disponibilidade, atenção dispensada, paciência, dedicação e profissionalismo... um Muito Obrigado.

À minha família, em particular, aos meus pais e irmã.

À minha Namorada, pelo incentivo, compreensão e encorajamento, durante todo este processo.

A todos que partilharam casa comigo durante todo este período, António Sousa, Inês Rodas, Graça Pereira e Joel Oliveira.

Aos meus colegas de mestrado, pelos momentos de entusiasmo partilhados em conjunto destacando, Joana Rica, Bruno Costa, Bernardo Guimarães, Ana Raquel Silva, José Pedro Gomes, Miguel Mendanha e Alberto Silva

A todos os demais.

Resumo

O Propósito desta dissertação consiste na compilação de vários outros trabalhos na área da hidrogeologia com vista à elaboração de uma metodologia para a execução de levantamentos Hidrogeológicos em ambiente Graníticos.

Com base nos dados recolhidos e após a sua consequente análise estatística com recurso à técnica de análise em componentes principais, foi possível elaborar um modelo do aquífero, assim como a definição de uma proposta de Diagrama de Acção a seguir para levantamentos futuros.

Na fase final são também feitas algumas sugestões no que diz respeito à definição de estratégias para um uso mais eficiente do aquífero e que garanta a sustentabilidade dos recursos hídricos existentes.

Palavras-chave: Metodologia, Levantamento Hidrogeológico, Modelo, Sustentabilidade

Abstract

The purpose of this thesis is the compilation of several other works in the field of hydrogeology in order to develop a methodology for implementation of Hydrogeological surveys in Granite environment.

Based on the data collected, and after subsequent statistical analysis using the technique of principal component analysis was possible to develop a model of the aquifer, as well as the definition of a propose of action diagram for future surveys.

In the final phase are also made some suggestions regarding the definition of strategies for more efficient use of the aquiferes and ensures the sustainability of existing water resources.

Keywords: Methodology, Hydrogeological Survey, Model, Sustainability

Índice

Agradecimentos	i
Resumo.....	ii
Abstract	iii
Índice.....	iv
Lista de Figuras.....	vi
Lista de tabelas.....	vii
Lista de Gráficos	vii
Abreviaturas e Símbolos.....	viii
1. Capítulo – Introdução.....	1
1.1 Objectivos.....	2
1.2 Estrutura.....	2
2 Capítulo - Perspectiva geral.....	3
2.1 Enquadramento Regional do concelho de Celorico de Basto	3
2.2 Enquadramento Climático.....	5
2.2.1 Índices Bioclimáticos	5
2.2.2 Índice de Mediterraneidade.....	9
2.2.3 Índice de Termicidade de Rivaz-Martinez	9
2.2.4 Modelo Bioclimático de Emberger.....	11
2.3 Enquadramento Geológico e Geomorfológico	12
2.4 Enquadramento Hidrológico	16
2.4.1 Análise Morfométrica.....	18
2.4.2 Propriedades Lineares.....	18
2.4.3 Relação de Bifurcação (R_b)	19
2.4.4 Relação de Comprimento.....	19
2.4.5 Densidade de drenagem	20
2.4.6 Coeficiente de Manutenção	20
3 Capítulo - Hidrogeologia.....	21
3.1 Hidroquímica.....	23
3.2 Parâmetros Hidrogeológicos do Solo.....	25
3.2.1 Condutividade Hidráulica	25
3.2.2 Ensaio de Permeabilidade <i>in Situ</i>	27

3.2.3	Classificação hidrológica de solos	29
3.2.4	Metodologia do permeâmetro de Guelph	30
4	Capítulo - Caso de Estudo.....	39
4.1	Descrição	39
4.2	Inventariação de pontos de água.....	40
4.3	Definição de parâmetros.....	41
4.4	Dados.....	43
4.5	Balanço Hídrico	48
4.6	Hidrogeoquímica	48
4.7	Análise em Componentes Principais	48
4.8	Comportamento Zonal	54
5	Capítulo – Proposta de Desenvolvimento.....	57
5.1	Modelo hidrogeológico interpretativo do Aquífero	57
5.2	Diagrama de Acção.....	59
6	Capítulo – Conclusões	61
6.1	Considerações Gerais	61
6.2	Perspectivas Futuras	62
	Bibliografia	63
	Sites	67
	Outras Fontes	67
	Anexos.....	68
	A – Inventário dos Pontos de Amostragem	68
	B – Dados recolhidos.....	84
	C - Mapas.....	85

Lista de Figuras

Figura 1- Mapa do concelho de Celorico de Basto (Fonte: PDM Câmara Municipal de Celorico de Basto).	4
Figura 2- Distribuição dos valores médios anuais da Temperatura do ar (⁰ C) e Precipitação (mm) em Portugal Continental no período (1971-1990). (Fonte: www.meteo.pt ,15/06/2014)..	6
Figura 3- Unidades Bioclimáticas mediterrânicas segundo Emberger (Emberger, 1993) a) Mapa de Isolinhas. b) Tabela das unidades.....	12
Figura 4- Carta Geológica de Celorico de Basto (Fonte: INETI).	13
Figura 5- Rede Hidrográfica.(Fonte: INETI).	16
Figura 6- Hierarquização da rede hidrográfica segundo Strahler.	19
Figura 7- Unidades hidrogeológicas de Portugal e Respectivos recursos (m ³ /dia.km ²) (fonte: ATLAS do Ambiente).....	21
Figura 8- Exemplo de Diagrama de Piper	24
Figura 9- Permeâmetro de Guelph.....	27
Figura 10- Factor de forma (C) para a utilização no método de Guelph (Adaptado de Reynolds & Elrick, 2002).	28
Figura 11- Permeâmetro de Guelph (modificado de Reynolds, 1993).	31
Figura 12- Permeâmetro de Guelph (http:// Guelph/Soilmoisture_Products.htm).....	32
Figura 13- Pormenores da parte superior do Permeâmetro. A- Tubo de ar interior com a palheta; B- Tubo de ar Médio (graduado); C- Tubo para a aplicação da bomba manual de vácuo; D- Tubo exterior;.....	33
Figura 14- Operação de enchimento do Permeâmetro.	34
Figura 15- Posicionamento do Permeâmetro sobre o orifício perfurado.	35
Figura 16- Localização dos pontos de amostragem.	39
Figura 17- Projecções Gráficas das amostras nos planos factoriais F1/F2.....	50
Figura 18- Projecções Gráficas nos planos factoriais F1/F2.	52
Figura 19- Projecções Gráficas das variáveis nos planos factoriais F1/F2.	53
Figura 20- Projecções Gráficas das variáveis nos planos factoriais F1/F3.	53
Figura 21- Delimitação da área de influência do aquífero.	54
Figura 22- Enquadramento Geológico.	55
Figura 23- Representação do controlo estrutural existente.	55
Figura 24- Modelo para o Flanco de Encosta.	57
Figura 25- Modelo conceptual, Fonte: http://pubs.usgs.gov/ha/ha730/ch_1/L-text4.html (01/10/2014).	58
Figura 26- Diagrama metodológico	59
Figura 27- Localização dos pontos de amostragem.	68
Figura 28- Mapa com o Enquadramento Geológico.	85
Figura 29- Recorte da Carta militar 10-A Celorico de Basto.....	85

Lista de tabelas

Tabela 1- Comparação do Concelho de Celorico de Basto com a Associação de Municípios do Baixo Tâmega	5
Tabela 2- Índice de mediterraneidade	9
Tabela 3- Patamares do índice de Termicidade de Rivaz-Martinez	10
Tabela 4- Critérios de determinação dos andares Bioclimáticos segundo Rivaz-Martinez	10
Tabela 5- Área e Perímetro da cada Bacia hidrográfica principal	18
Tabela 6- Valores de a de acordo com a textura e estrutura de um solo (adaptado de Elrick et al. 1989).....	26
Tabela 7- Classificação dos solos quanto á permeabilidade (adaptado de SSDS, 1993)	29
Tabela 8- Quadro síntese dos grupos hidrológicos de solos.....	29
Tabela 9- Legenda dos vários acessórios do Permeâmetro de Guelph	32
Tabela 10- Folha de registo do ensaio de permeabilidade do solo (segundo Espinha Marques, 2007)	37
Tabela 11- Dados recolhidos no campo (22/07/2014)	40
Tabela 12-Valores da precipitação	41
Tabela 13- Valores da Temperatura.....	42
Tabela 14- - Caudais (m/s).....	43
Tabela 15- Leituras do Permeâmetro Ensaio 1a	44
Tabela 16- Leituras do Permeâmetro Ensaio 1b	45
Tabela 17- Resultados Ensaio 1.....	45
Tabela 18- Leituras do Permeâmetro Ensaio 2a	46
Tabela 19- Leituras do Permeâmetro Ensaio 2b	47
Tabela 20- Resultados Ensaio 2.....	47
Tabela 21- método de balanço hidrológico do solo de Thornthwaite-Mather	48
Tabela 22- Valores utilizados para a análise	49
Tabela 23- Grau de Significância	49
Tabela 24- Valores de Correlação	50
Tabela 25- Matriz de dados Variáveis	51
Tabela 26- Grau de Significância	51
Tabela 27- Valores de Correlação	52
Tabela 28- Valores Recolhidos (Caudais)	84
Tabela 29- Valores dos diferentes parâmetros Medidos.....	84

Lista de Gráficos

Gráfico 1- Gráfico termo Pluviométrico	7
Gráfico 2- Distribuição mensal da precipitação registada nos postos udométricos.....	8
Gráfico 3- Normal Climatológica (precipitação).....	41
Gráfico 4- Normal climatológica (Temperatura)	42
Gráfico 5- Evolução temporal dos Caudais em ET1 (m/s).....	69

Gráfico 6- Evolução temporal dos Caudais em E3 (m/s).....	77
Gráfico 7- Evolução temporal dos Caudais em T1 (m/s).....	78
Gráfico 8- Evolução temporal dos Caudais em TE1 (m/s).....	79
Gráfico 9 Evolução temporal dos Caudais em TE2 (m/s).....	80
Gráfico 10- Evolução temporal dos Caudais em TE3 (m/s).....	81
Gráfico 11- Evolução temporal dos Caudais em TE4 (m/s).....	82
Gráfico 12- Evolução temporal dos Caudais em TE5 (m/s).....	83

Abreviaturas e Símbolos

NUT - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

Probastos - Associação de desenvolvimento Rural de Basto

CIM-TS - Comunidade Intermunicipal do Tâmega e Sousa

INE – Instituto Nacional Estatística

INAG – Instituto Nacional

Im – Índice mediterraneidade

ETP_i – Evapotranspiração potencial no período i

P_i – Precipitação no período i

ETP – Evapotranspiração Potencial

P - Precipitação

It - Índice termopluviométrico

INET – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação

R_b - Relação de bifurcação

m_{eq}/l – Miliequivalentes por Litro

ISO - International Organization for Standardization

μ - Viscosidade

ρ - Densidade

K_i - Condutividade Hidráulica insaturada

k_s - Condutividade hidráulica saturada

K_{sc} - Permeabilidade de campo

MMA – Ministério de Meio Ambiente

SSDS – Soil Surveu division Staff

USSCS – United States Soil Conservation Service

USDA – United States Department of Agriculture

Er - Evapotranspiração Real

E – Evapotranspiração

D – Déficit

S - Super avito

P-E - Precepitação-Evapotranspiração

ACP - Análise em Componentes Principais

ISRM - Internacional Society for Rock Mechanics

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

1. Capítulo – Introdução

As regiões graníticas constituem ambientes hidrogeológicos diferentes dos normalmente estudados já que, na ausência de porosidade e permeabilidade primárias importantes, as circulações subterrâneas dependem, em grande medida, do grau de alteração bem como do estado de fracturação das rochas. Desta forma, as potencialidades dos recursos hídricos subterrâneos destas formações estão dependentes, não só daqueles dois factores geológicos, mas também das características climáticas regionais (Lima, 2001).

No território nacional, as rochas granitóides encontram-se particularmente concentradas no NW de Portugal onde, juntamente com formações metas-sedimentares, constituem, praticamente, todo o substrato geológico regional. São numerosos os pontos de descarga natural dos reservatórios subterrâneos, tanto os relacionados com circulações subsuperficiais como os associados a circuitos mais profundos. No primeiro caso, as águas são predominantemente aproveitadas para o consumo doméstico e para o regadio. Quanto às águas minerais, as mesmas têm sido utilizadas, desde tempos imemoráveis, na vertente termal à qual se associou, em tempos mais recentes, a valência do engarrafamento. Os dois sectores encontram-se actualmente em fase de significativa expansão (Lima, 2001). Relativamente a este último aspecto merecem particular relevância os trabalhos desenvolvidos por Simões Cortez¹.

A dependência regional em águas subterrâneas é bastante elevada, não só no que respeita ao abastecimento público, mas também às captações privadas nas zonas onde as redes municipais não chegam, designadamente nos aglomerados situados nas áreas mais montanhosas. Nestes locais, o abastecimento de água está, em muitos casos, restringido às captações particulares. Noutros, assiste-se à construção de redes públicas de distribuição de água alimentadas por captações subterrâneas.

Face ao exposto, é fundamental que se desenvolvam os estudos hidrogeológicos destes ambientes geológicos. Tais estudos são de particular importância, não só na avaliação dos recursos hídricos subterrâneos para a sua gestão e exploração sustentadas, mas também

¹ A título de exemplo refere-se uma das últimas obras publicadas pelo autor em 2012, “Águas Minerais Naturais e de Nascente da Região Centro”.

numa perspectiva de ordenamento de território, nomeadamente no que respeita, por exemplo, à selecção de locais para a instalação de aterros de resíduos.

É neste quadro que se insere e baseia o presente trabalho. A sua pertinência justifica-se, não só pela exiguidade de estudos relativos ao local e região seleccionados (vidé capítulo 4), mas também pelo facto da hidrogeologia dos meios fracturados ser relativamente complexa e ainda se encontrar, em alguns aspectos, numa fase de desenvolvimento.

1.1 Objectivos

Espera-se, com o presente estudo, desenvolver uma metodologia para a execução de um levantamento hidrogeológico em ambientes graníticos. Procura-se construir e desenvolver um modelo hidrogeológico conceptual para eventual aplicação a uma propriedade agrícola situada no concelho de Celorico de Basto. Desta forma, tenta-se definir uma estratégia conducente à identificação e selecção dos potenciais locais para a implementação futura de uma rede de furos de captação que permitam um uso mais inteligente e sustentável dos recursos hídricos existentes.

Com base no levantamento geológico e geomorfológico da região tentou-se caracterizar *in loco*, com recursos a diferentes parâmetros hidrogeológicos, as potencialidades hídricas da área em estudo. Paralelamente, efectuou-se a caracterização quantitativa e qualitativa dos aspectos hidroclimáticos da região em análise.

Por último, recorrendo a ferramentas de tratamento de dados, no âmbito da estatística multivariada, procurou-se investigar não só a consistência interna dos registos obtidos, mas também averiguar o sistema de inter-relações entre as variáveis observadas.

1.2 Estrutura

A presente dissertação está organizada em 6 grandes unidades -Capítulos - por sua vez divididas em subcapítulos. Assim, além desta primeira parte introdutória, existe também uma onde se faz um enquadramento geral, a nível regional, em termos socioeconómicos, climatéricos, geológicos/geomorfológica e hidrológicos. Em seguida, é apresentado um capítulo sobre Hidrogeologia, nomeadamente no que diz respeito á Hidroquímica e aos parâmetros hidrogeológicos do Solo.

Segue-se um capítulo dedicado ao caso de estudo, onde se aborda a análise e aquisição dos dados. Com base nos resultados surge um novo capítulo que dá origem à elaboração de um modelo conceptual da referida propriedade, bem como uma proposta de metodologia a seguir para este tipo de estudos sob a forma de um diagrama.

Por fim, um capítulo reservado para as conclusões.

2 Capítulo - Perspectiva geral

2.1 Enquadramento Regional do concelho de Celorico de Basto

O concelho de Celorico de Basto pertence ao Distrito de Braga e está integrado na NUT III do Tâmega que abarca os concelhos do Baixo Tâmega e do Vale do Sousa. Juntamente com os concelhos vizinhos de Cabeceiras de Basto, Mondim de Basto e Ribeira de Pena, constitui a antiga e característica área conhecida por Terras de Basto. Esta zona centra-se sobre o Rio Tâmega e apresenta uma grande identidade cultural. Estes 4 municípios estão organizados na associação PROBASTOS. Em 2004 o Município de Celorico de Basto integrou-se na Comunidade Urbana do Baixo Tâmega, criada em cumprimento da lei 11/2003, separando-se dos restantes concelhos de Basto.

Posteriormente, as associações de municípios do Baixo Tâmega e do Vale do Sousa agruparam-se na comunidade Intermunicipal do Tâmega e Sousa (CIM-TS) que abarca 12 concelhos (Baixo Tâmega: Celorico, Amarante, Marco de Canaveses, Baião, Cinfães e Resende; Vale do Sousa: Penafiel, Paredes, Felgueiras, Lousada, Paços de Ferreira e Castelo de Paiva). Verifica-se, portanto, uma deslocação dos eixos de relacionamento intermunicipal para poente, da "Região de Basto" para o Baixo Tâmega e Vale Do Sousa, talvez para contrariar a interioridade.

O Concelho tem uma superfície territorial de 18,109 ha (181,09 km²) e um perímetro de 71.244 metros distribuídos por vinte e duas freguesias: Agilde, Arnoia; Basto S.Clemente, Basto Santa Tecla, Borba da Montanha, Britelo, Caçarilhe, Canedo de Basto, Carvalho, Codessoso, Corgo, Fervença; Gagos, Gémeos, Infesta, Molares, Moreira do Castelo, Ourilhe, Rego, Ribas, Vale do Bouro e Veade.

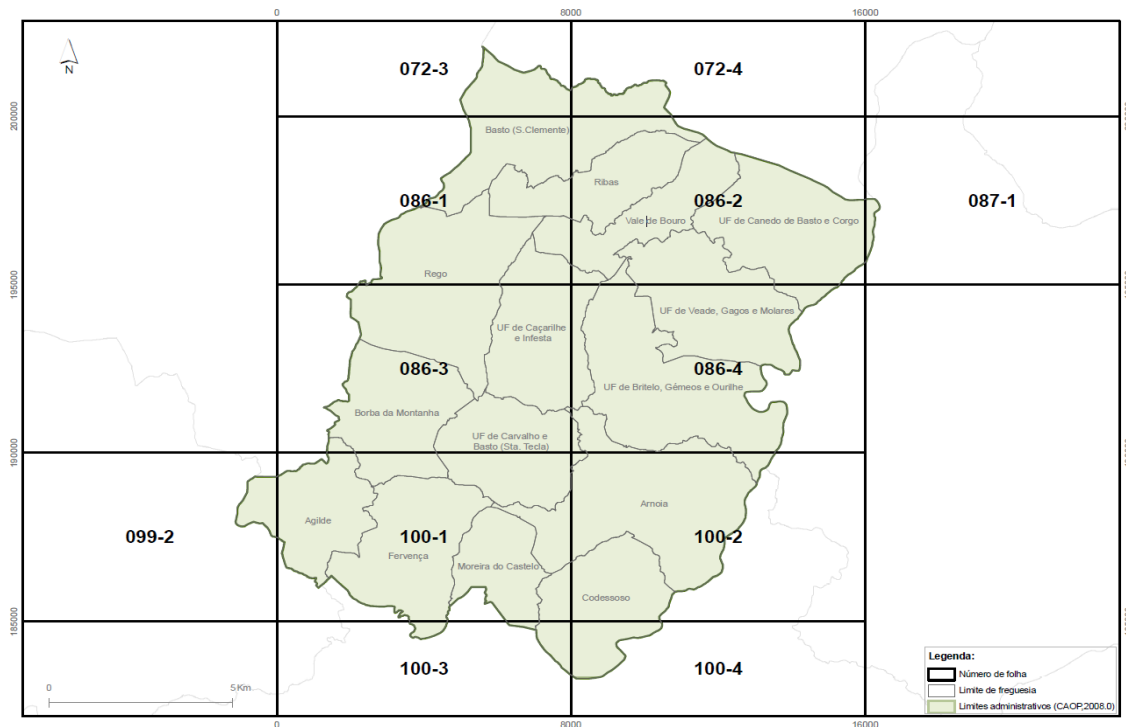


Figura 1- Mapa do concelho de Celorico de Basto (Fonte: PDM Câmara Municipal de Celorico de Basto).

Trata-se de um concelho marcadamente rural, cujos traços profundos no território e na paisagem se devem à actividade agrícola, dominante até finais do século passado. A emigração permanente marcou igualmente o último século.

Celorico de Basto esta hoje num processo de profundas mudanças. O aparelho económico tradicional está em profunda transformação. A construção civil, o comércio e os serviços são hoje os sectores empregadores do concelho e dominantes na população activa.

A predominância da actividade agrícola até muito tarde e a estrutura fundiária assente na pequena propriedade, de exploração por conta própria, determinaram uma estreita relação entre a habitação e o emprego, que se traduziu na extrema dispersão do parque habitacional. Hoje começam a ganhar expressão urbana os aglomerados da sede do concelho, das vilas de Fermil e de Gandarela e do aglomerado da Mota, cujas intervenções de requalificação urbanística e instalações de equipamentos de utilização colectiva tiveram importante ajuda de fundos comunitários.

O centro urbano da sede do concelho está hoje dotado de um conjunto de equipamentos de utilização colectiva, dos quais se destaca a Biblioteca Municipal Professor Marcelo Rebelo de Sousa.

A rede pública de abastecimento de água cobre hoje 805 dos alojamentos familiares, na sua quase totalidade realizada no decurso do segundo e terceiro quadro comunitário de apoio. A rede de drenagem de águas residuais é ainda muito reduzida, confinada praticamente aos principais aglomerados urbanos, estando previsto a sua execução no próximo quadro

comunitário. O concelho está dotado de uma extensa rede viária municipal, cujas intervenções tiveram lugar na sua maioria na última década. Grande parte destas obras foi executada com recursos financeiros da autarquia. Chegar a Celorico de Basto foi outrora uma aventura. Hoje é muito fácil e rápido. O centro da Vila fica a 12 minutos da A4 em Amarante através da Variante do Tâmega e um pouco mais do nó A7/IC5 na cidade de Fafe ou na localidade de Arco do Baúlhe. Celorico de Basto apresenta uma densidade populacional ligeiramente superior à média nacional mas muito aquém dos valores registados para a região Norte. Trata-se de um concelho com uma população onde o peso dos jovens é ainda significativo, muito superior à média nacional e superior à Região Norte (Tabela 1 - Comparação do Concelho de Celorico de Basto com a Associação de Municípios do Baixo Tâmega, NUT I, II e III).

Tabela 1- Comparação do Concelho de Celorico de Basto com a Associação de Municípios do Baixo Tâmega.

Unidade Territorial	Área (Km²)	População residente 2001	Densidade Populacional (hab./km²)	População 0-19 anos 2001	% População 0-19 anos 2001
Celorico de Basto	181,09	20466	113	5773	28,2
Associação de Municípios do Baixo Tâmega	1272,68	181297	142	51223	28,3
Sub-Região Tâmega (NUT III)	2619,51	551309	210	158095	28,7
Região Norte (NUT II)	21288,15	3687293	173	911472	24,7
Portugal Continental (NUT I)	88934,63	9869343	111	2206707	22,4

Fonte: XIII e XIV Recenseamentos Gerais da População, INE.

2.2 Enquadramento Climático

2.2.1 Índices Bioclimáticos

A sucessão dos vários estados de tempo ao longo de vários anos, permite caracterizar o clima de uma região. Em Portugal continental, devido à influência da latitude, do oceano Atlântico, da massa continental da Península Ibérica e da altitude, faz com que este território apresente uma diversidade climática que se verifica ao nível da temperatura e precipitação.

Os registos do Instituto de Meteorologia, efectuados entre 1961 e 1990 (normais climatológicas) mostram que a temperatura média anual, do território continental, oscila entre cerca de 7°C nas terras altas do interior norte e centro, e cerca de 18°C no litoral sul. A precipitação média anual regista os valores mais altos no Minho e Douro Litoral e os valores mais baixos no interior do Baixo Alentejo.

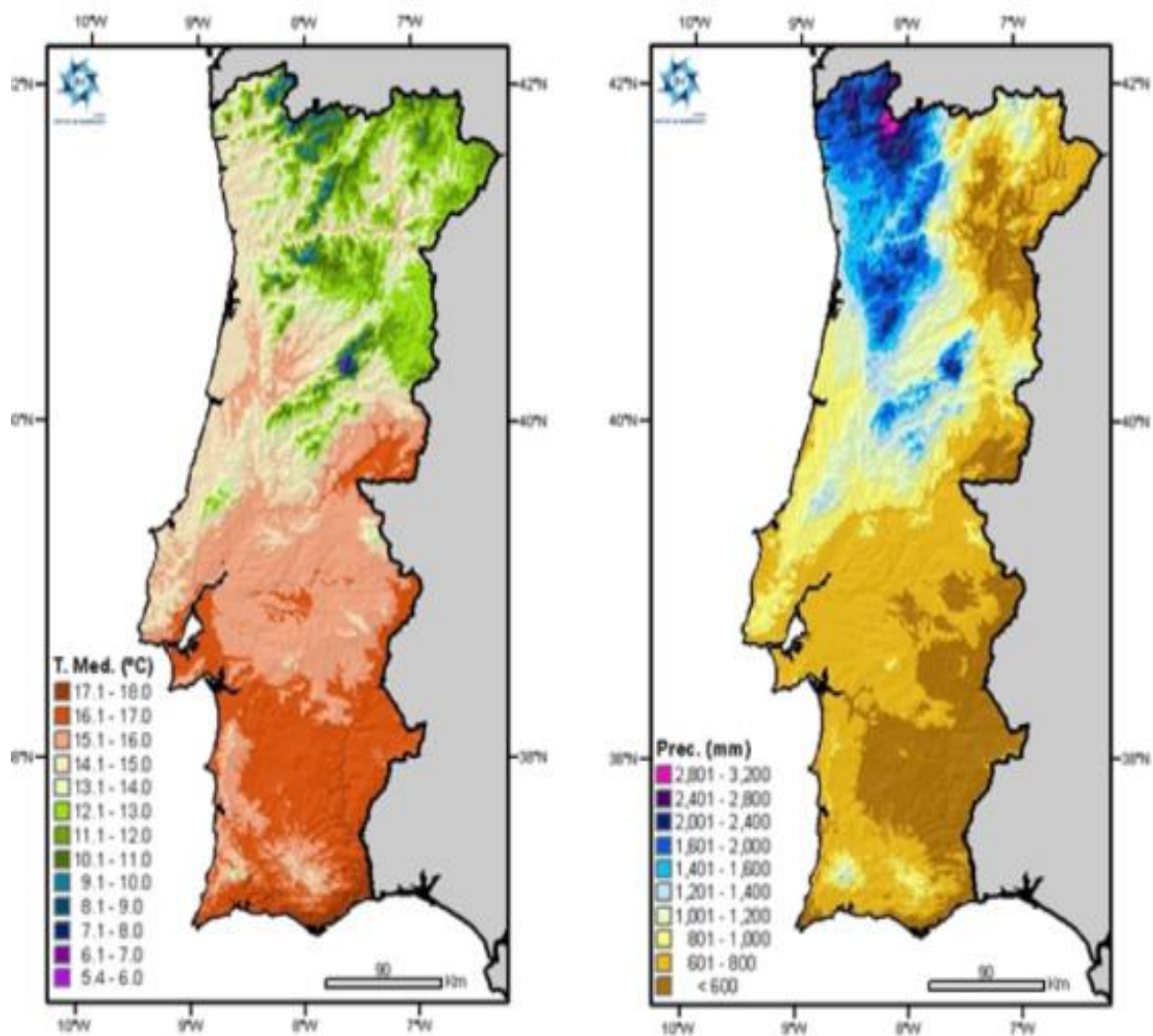


Figura 2- Distribuição dos valores médios anuais da Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e Precipitação (mm) em Portugal Continental no período (1971-1990). (Fonte: www.meteo.pt,15/06/2014)

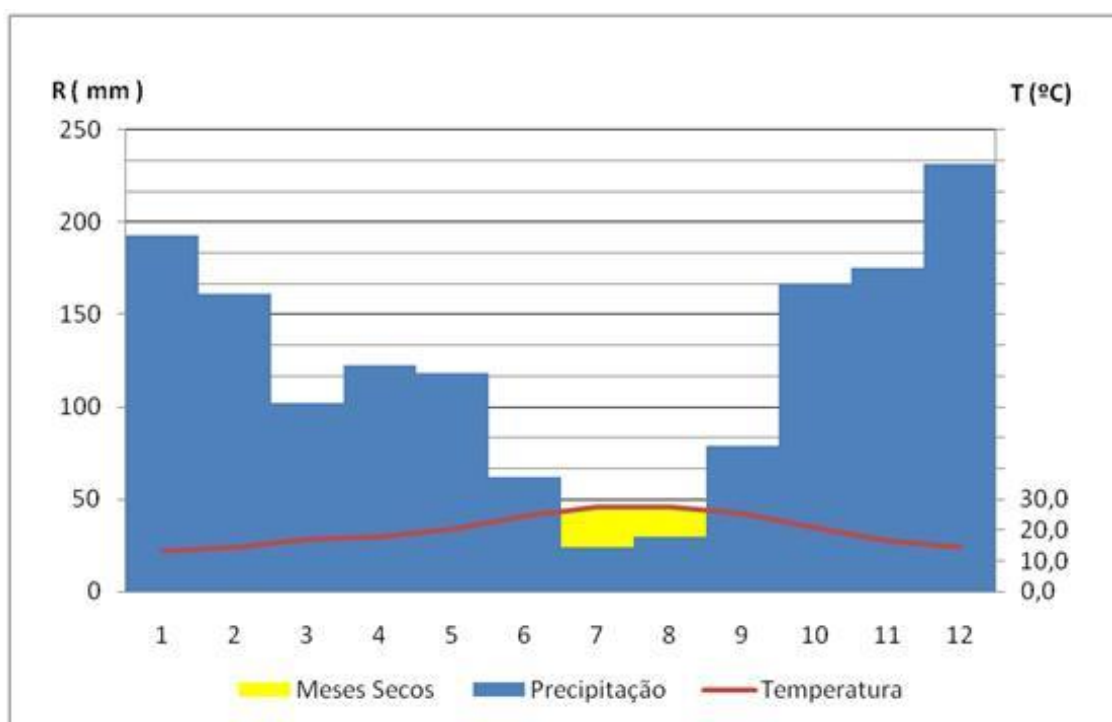
A característica climática mais marcante do noroeste Português, região onde se insere Celorico de Basto, reside, inquestionavelmente, nos seus elevados quantitativos pluviométricos, os quais se devem à frequente passagem de superfícies frontais, conjugadas com o efeito das montanhas, muito próximas do litoral, apresentando totais anuais médios de precipitação superiores a 1400 mm. De facto, trata-se de uma região com afinidades mediterrâneas mas com forte influência Atlântica, traduzindo-se num clima de temperaturas amenas, com pequenas amplitudes térmicas e forte pluviosidade média, resultado da sua posição geográfica, da proximidade ao Atlântico e da forma e disposição dos principais conjuntos montanhosos.

De acordo com o atlas do ambiente, a temperatura média diária na região varia entre os 12.5°C e os 15°C , situando-se os índices de humidade atmosférica médios anuais entre 75% e 80%.

Para a precipitação os valores médios variam entre os 1400 e os 3000 mm por ano. A altitude e disposição do relevo contribuem localmente para uma acentuada assimetria na distribuição da precipitação. Também os restantes elementos climáticos são fortemente condicionados por estas duas variáveis. A ocorrência de vertentes nebulosas e nevoeiros frequentes, aliada a uma insolação relativamente baixa, completam as características do clima da região. Considerando agora a informação meteorológica recolhida na estação climatológica mais próxima de Celorico de Basto, Estação de Braga - Posto Agrário, para o período 1961 a 1990, localizada a 41° 33' de latitude Norte, e 08° 24' de longitude Oeste a uma atitude de 190 metros, confirma-se que a quantidade anual de precipitação não ultrapassa os 1500 mm (1465,7 mm), repartidos por um total de dias superior a 130.

A temperatura média mais alta regista-se nos meses de Julho e Agosto (27,5°C), ao passo que a média mais baixa se verifica no mês de Janeiro (4,1°C). A amplitude de variação térmica anual ronda os 11,5°C. a temperatura média anual corresponde a 14°C.

Gráfico 1- Gráfico Termopluiométrico.



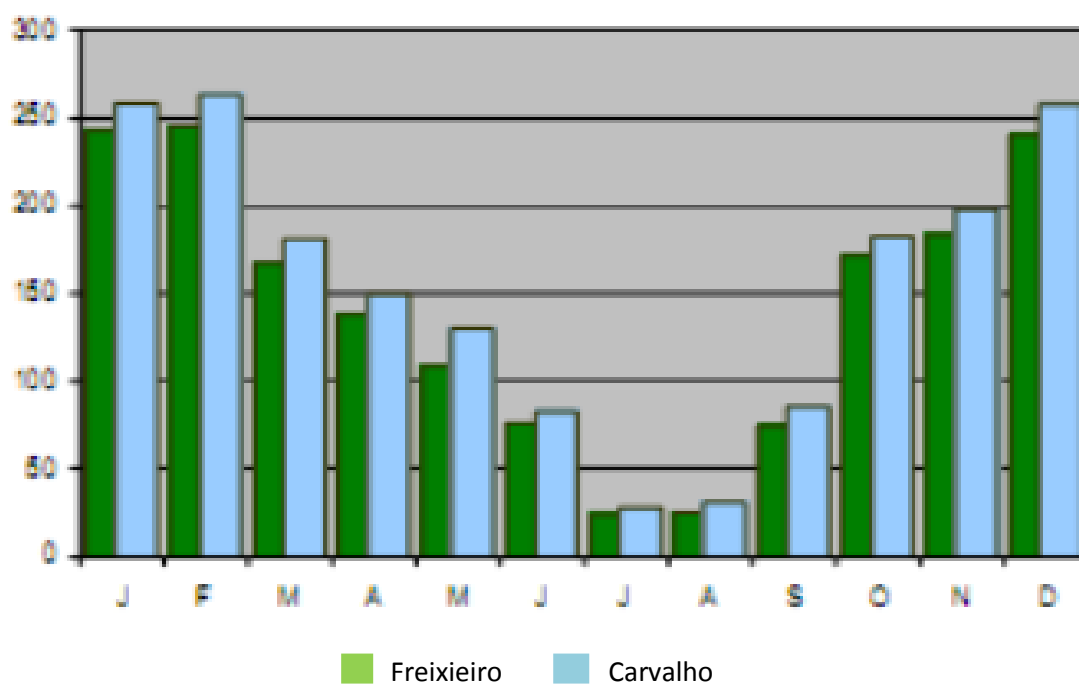
Fonte: Normais Climatológicas, Braga - Posto agrário (1961/1990).

A época do ano em que se registam os máximos corresponde aos meses de Outono e Inverno (Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março). É nos meses de Julho e Agosto que ocorrem os mínimos de precipitação, podendo considerar-se estes dois meses como o período seco do ano. Esta região é caracterizada por invernos frescos e verões moderados a quentes. A temperatura máxima média do mês mais quente varia entre 23°C e 32°C, observando-se durante 20 a 180 dias por ano, sendo que em 83 dias por ano as temperaturas máximas são superiores a 25°C, por isso denominado de clima Marítimo Litoral Oeste (Daveau et al. 1985).

Relativamente aos dados da precipitação, recorrendo aos postos udométricos existentes no Concelho e atendendo à altitude a que estes se encontram, é fácil perceber que o posto udométrico de Carvalho permite caracterizar os quantitativos mensais de precipitação para as zonas do concelho com altitudes mais elevadas (faixa central para oeste), enquanto o posto de Freixieiro poderá caracterizar as zonas mais baixas, junto ao rio Tâmega. Assim sendo, anualmente, precipitam 1847,2 mm nas zonas altas e 1697,5 mm nas zonas baixas.

Em termos mensais, pela análise do Gráfico 2, verifica-se que, para ambos os locais, é no mês de Fevereiro que se registam os maiores valores de precipitação (Carvalho – 263 mm e Freixieiro – 245,7 mm), embora os meses de Dezembro e Janeiro apresentem valores muito próximos (Carvalho nunca abaixo dos 255 mm e em Freixieiro nunca abaixo dos 241 mm). Como seria de esperar, os meses de Verão (Julho e Agosto) são os que registam os valores mais baixos, sendo mais uma vez nas zonas altas onde se registam os valores mais elevados. Assim, nestes meses, nas zonas baixas não ultrapassam os 50 mm nos dois meses, enquanto na outra zona, não ultrapassam os 60mm.

Gráfico 2- Distribuição mensal da precipitação registada nos postos udométricos.



Fonte: INAG (1961/1990).

2.2.2 Índice de Mediterraneidade

Este índice permite delimitar as regiões de influência mediterrânica:

$$Im = \frac{ETP_i}{P_i} \quad [\text{Eq. 1}]$$

Im - índice de mediterraneidade

P_i - precipitação no período *i* (mm)

ETP_i - evapotranspiração potencial no período *i* (segundo método de Thornthwaite, mm)

O *Im* pode ser determinado para os períodos correspondentes aos meses de Julho (*Im1*), Julho a Agosto (*Im2*) e Junho a Agosto (*Im3*). Consideram-se como pertencente à região mediterrânea os locais em que os valores de *Im1*, *Im2* e *Im3* são respectivamente superiores a 4,5, 3,5 e 2,5. Na maioria dos casos para obter uma classificação genérica sobre a influência mediterrânica, pode utilizar-se *Im2*. Com base nos valores das normais climatológicas (1961-1990) da estação meteorológica de Braga/Posto Agrário, calcularam-se os índices de mediterraneidade, obtendo-se os seguintes resultados:

Tabela 2- Índice de mediterraneidade.

	<i>Im1</i>	<i>Im2</i>	<i>Im3</i>
ETP	185,3	179,0	167,0
P	24,1	27,0	38,7
<i>Im</i>	7,7	6,6	4,3

2.2.3 Índice de Termicidade de Rivaz-Martinez

De entre todas as possíveis caracterizações dos sistemas bioclimáticos, destaca-se pela sua precisão e uso generalizado na Península Ibérica, aquele proposto por Rivaz Martinez (1981) citado por Molina (Molina *et al.*, 1991). Este sistema utiliza diferentes parâmetros termopluiométricos, estabelecendo andares bioclimáticos que se relacionam com diferentes tipos de vegetação potencial. O índice térmico de Rivaz Martinez foi proposto para separar os andares bioclimáticos da Península Ibérica e calcula-se da seguinte forma:

$$It = (t + m + M) \times 10 \quad [\text{Eq. 2}]$$

t - temperatura média anual (°C)

m - média das temperaturas mínimas do mês mais frio (°C)

M - média das temperaturas máximas do mês mais frio (°C)

Com base nos valores das normais climatológicas (1961-1990) da estação meteorológica de Braga/ Posto Agrário calculou-se o *It*, obtendo-se: $(14,2+4,1+27,5) \times 10=320$

Tabela 3- Patamares do índice de Termicidade de Rivaz-Martinez

350-450	Termomediterrânico
210-350	Mesomediterrânico
70-210	Supramediterrânico

Podemos ainda classificar a tipologia de clima obtido recorrendo ao ombroclima que depende da precipitação média anual que é de 1465,7 mm. Segundo os critérios de delimitação dos andares bioclimáticos (tabela 4), trata-se de um clima que pertence região mediterrânica, andar mesomediterrânico, horizonte inferior e ombroclima húmido.

Tabela 4- Critérios de determinação dos andares Bioclimáticos segundo Rivaz-Martinez.

Divisão Fitoclimática		Termoclima	Ombroclima						
Mediterrânica -70 > It > 510 200 < P	Criomedit.	Superior	Inf. -70	Inf. A 200 mm	200 a 350 mm	350 a 600 mm	600 a 1000 mm	1000 a 1600 mm	Sup. a 1600 mm
		Inferior	-70 a -30						
	Oromedit.	Superior	-29 a 0						
		Inferior	1 a 60						
	Supramedit.	Superior	61 a 110						
		Médio	111 a 160						
	Mesomedit.	Inferior	161 a 210						
		Superior	211 a 260						
		Médio	261 a 300						
	Termomedit.	Inferior	301 a 350						
		Superior	351 a 410						
	Inframedit.	Inferior	411 a 470						
		Superior	471 a 510						
		Inferior	Sup. a 510						

Fonte: Adaptado de Rivaz Martinez (1981).

2.2.4 Modelo Bioclimático de Emberger

Este índice combina para além da precipitação anual, uma estimativa da evapotranspiração baseada na média das temperaturas máximas do mês mais quente e das temperaturas mínimas do mês mais frio. É um índice particularmente útil nas regiões mais húmidas, onde a higrometria atmosférica atinge valores particularmente altos, mesmo na ausência de precipitação (Alcoforado *et al.*, 1993). O índice termopluiométrico traduz-se na seguinte equação:

$$Q = (100 \times p) / (M^2 - m^2) \quad [\text{Eq. 3}]$$

$$Q = (100 \times 1465.7) / (27.5^2 - 4.1^2)$$

p - precipitação média anual (mm)

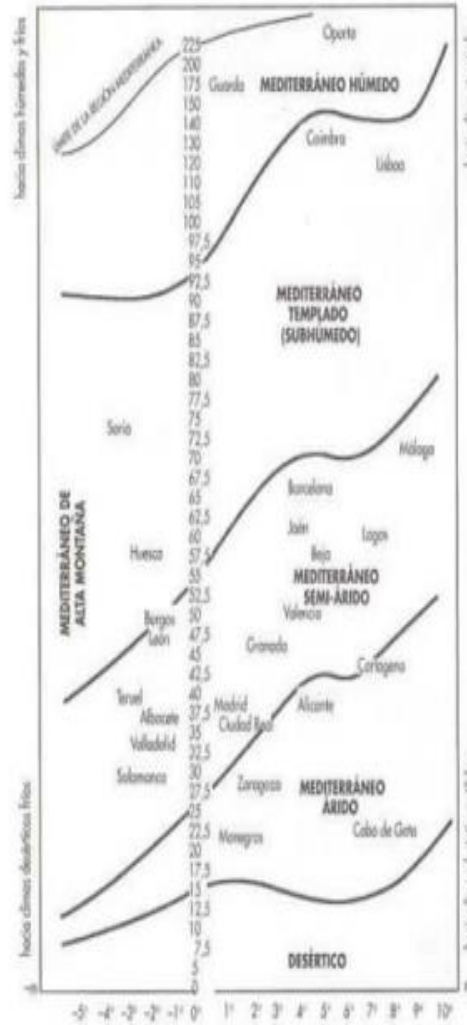
m - média das temperaturas mínimas do mês mais frio (°C)

M - média das temperaturas máximas do mês mais quente (°C)

Segundo Emberger, a área de estudo enquadra-se no andar bioclimático “Mediterrânico Húmido”, no limite da região Mediterrânica com a região eurosiberiana, podendo tratar-se de uma zona de transição (figura 3). Este facto é confirmado pelo resultado obtido no cálculo do índice de mediterraneidade, cujo valor *Im3* se encontra no limite abaixo do qual a região já não é considerada mediterrânica. A este, acresce o facto dos valores das normais climatológicas se reportarem ao posto meteorológico que se localiza em Braga. Pode afirmar-se assim que se trata de uma zona de transição entre a região Mediterrânica e a Eurosiberiana, facto que se vai reflectir na vegetação potencial.



a)



b)

Figura 3- Unidades Bioclimáticas mediterrânicas segundo Emberger (Emberger, 1993) a) Mapa de Isolinhas. b) Tabela das unidades.

2.3 Enquadramento Geológico e Geomorfológico

O concelho de Celorico de Basto fica geologicamente situado na área abrangida pelas folhas 6-C (Cabeceiras de Basto), 9-B (Guimarães e 10-A (Celorico de Basto) na escala 1/50 000 da carta Geológica de Portugal. Abrange as folhas 72 (Cabeceiras de Basto), 86 (Celorico de Basto), 87 (Mondim de Basto) da Carta Militar de Portugal na escala 1/25 000, dos serviços Cartográficos do Exército.

O concelho apresenta, em termos geomorfológicos, um relevo consideravelmente acidentado, com vastas áreas planálticas, alternada com vales estreitos que descem até ao rio Tâmega. Nas áreas mais altas de montanha as altitudes oscilam entre os 670 e os 687m,

atingindo o seu ponto mais elevado no marco geodésico do Viso, com 851m. Nas áreas mais baixas (ao longo do rio Tâmega) rondam os 80 m.

As falhas e fracturas de direcção NE-SW e NNE-SSW são muito importantes na medida em que ao longo destas ocorrem movimentos de elevação e de subsidência durante a era Mesozoica originando, respectivamente as principais serras e as áreas intermédias, onde se instalaram os principais cursos de água. À excepção da parte oriental do concelho onde o relevo evolui pouco sinuoso e o declive vai diminuindo gradualmente até ao rio Tâmega, grande parte do restante concelho é condicionado pela falha da Gandarela com direcção N-S, responsável pela existência de vales geralmente cavos e com direcções idênticas.

As formas de relevo actual são fortemente condicionadas por factores geológicos, nomeadamente pela composição litológica e pela tectónica, pois enquanto os xistos menos resistentes à erosão formam terrenos de menor elevação, os granitos e os quartzitos, mais resistentes constituem as partes mais elevadas, formando cristas agudas e recortadas.

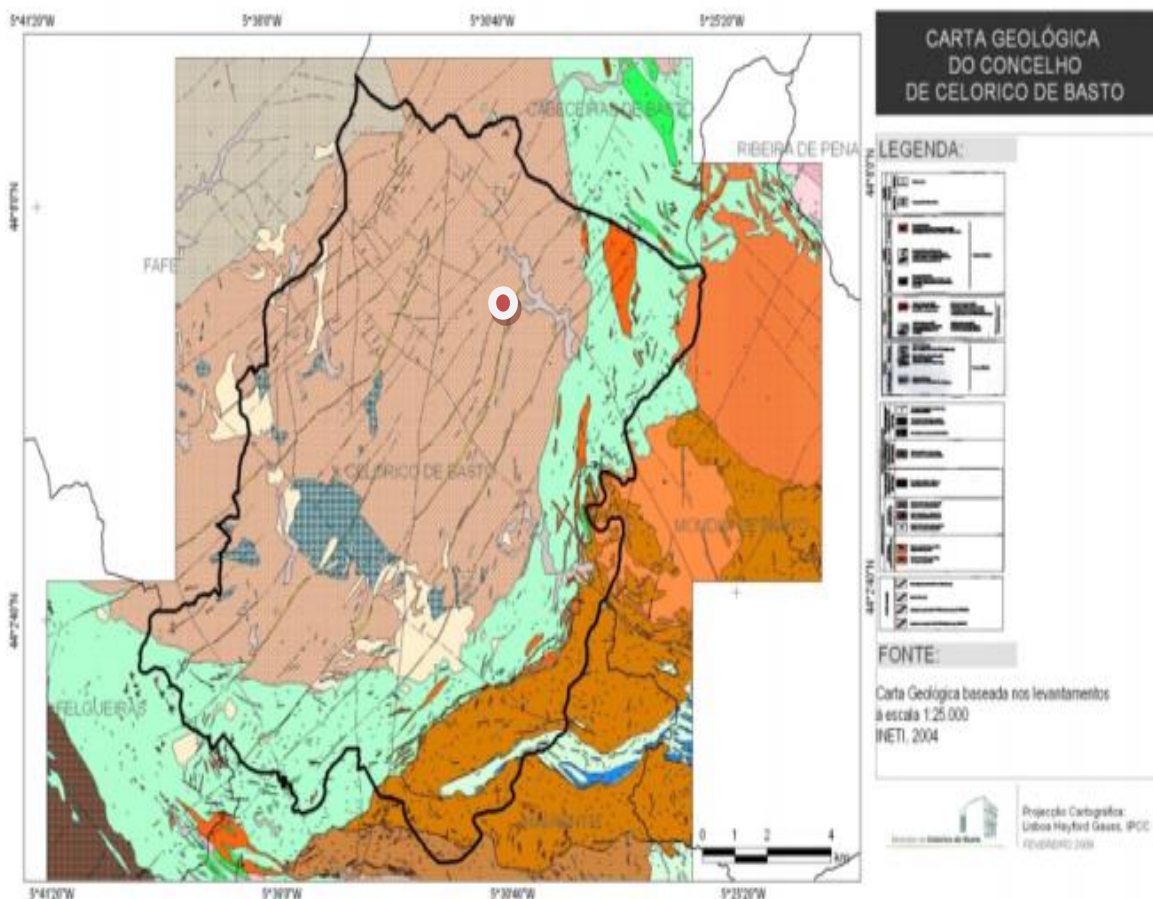


Figura 4- Carta Geológica de Celorico de Basto (Fonte: INETI).

O rio Tâmega, principal curso de água do concelho, apresenta-se bastante encaixado, formando um vale em "V" assimétrico de direcção NE-SW, paralelo a uma família de falhas que

cortam este concelho e a região. A vertente direita apresenta declive mais acentuado que a vertente esquerda, sendo esta assimetria resultado das inclinações dos planos de xistosidade, diáclases e falhas, os quais, favorecem uma maior erosão da vertente esquerda face à direita.

A carta Geomorfológica de Portugal (Ferreira, 1981) assinala a existência de amplo "graben" a condicionar o curso do Tâmega no sector compreendido entre as alturas do Alvão e o vale daquele rio entalhado abaixo dos 200m. É provável que assim aconteça uma vez que as falhas de direcção NE-SW têm forte expressão nos maciços graníticos, visualizados no terreno por importante enchimento de quartzo. Quando entram nos metassedimentos, estas falhas tornam-se difíceis de materializar por se desdobrarem em múltiplos rejogos segundo as xistosidades (Pereira, 1989).

Do lado ocidental do Tâmega, o limite daquela estrutura deve-se mais à influência da falha da Gandarela com uma direcção próxima de N-S do que certamente devido ao jogo de feixe NE-SE bem visível no Maciço de Celorico de Basto. Com efeito, aquela falha limita a importante superfície de Lameira-Rego que se desenvolve segundo a mesma direcção N-S a uma altitude de 700-750 metros. Trata-se da última aplanção, sobranceira à superfície poligénica Plio-Quaternária desenvolvida no litoral, marginalmente aos rios principais entre Douro e Minho (Ferreira, 1983). A superfície da Lameira poderá representar o bordo mais avançado, para ocidente, "Superfície Fundamental da Meseta (Pereira, 1989).

Tectónico-Estratigráfico

Em termos geológicos, o concelho localiza-se na unidade morfoestrutural do território continental português denominado Maciço Hespérico, nomeadamente na Zona Centro-Ibérica, e em domínios alóctones da Sub-Zona Galiza - Média Trás-os-Montes sendo formada por terrenos antigos de idade pré-câmbricos (com mais de 570 M.A) e Paleozóica (datados entre os 570 a 245 M.A) que incluem um largo cortejo de rochas metasedimentares e ígneas de natureza granítica. Ocorrem ainda, pontualmente, depósitos de cobertura de idade olistocénica e halocénica.

As rochas metasedimentares de idade Paleozóica com maior representação no concelho são agrupadas em unidades geológicas designadas Formações de Santos (As), Unidade de Mouquim (UM), Unidade de Canadelo (UC) e Unidade de Vila Nune (UV). Estas unidades geológicas são constituídas por alternância de filitos, xistos, metasiltitos com passagens metagrauvaques, raros tufitos e quartzitos.

Embora com menor representatividade, ainda ocorrem pequenas manchas de outras unidades geológicas tais com Formação de Campanhó (Ca), Corneanas Pelíticas e Carbonosas (S-D) e Formação de Pardelhos (Pa).

As unidades geológicas mencionadas encontram-se intensamente metamorizadas e dobradas com diversas falhas inversas de baixo ângulo que permitem o carregamento e cavalgamento entre as várias unidades litológicas. Estas unidades, são também afectadas por sistemas de fracturas verticais e sub-verticais de direcções principais NE-SW e NW-SE por onde se implantaram filões aplíticos e de quartzo.

A sul do concelho, a Formação de Santos encontra-se cavalgada pela Unidade de Canadelo. Nas áreas sobranceiras do vale do rio Tâmega ocorrem afloramentos de micaxistos co-intercalações de metagrauvaques e traços de escarnito. À medida que a profundidade aumenta o micaxisto passa a corneana que aflora nas bases das vertentes. Estima-se que à profundidade de aproximadamente 50 metros abaixo do leito ocorra um corpo intrusivo de granito hercínico.

Os micaxistos e as Corneanas apresentam-se dobrados com os eixos das dobras orientando-se para WNW-ESSE com pendor de 16° a 30° para WNW. A xistosidade axial no local tem orientação preferencial de $N82^{\circ}W$ $56^{\circ}ENE$.

As rochas ígneas estão representadas por granitos, tufos vulcânicos, filões e massas aplíticas e por filões de quartzo.

Estes granitos encontram-se divididos segundo a sua génese em granitos hercínicos de génese mesocrustal e granitos hercínicos de génese crustal profunda.

Os granitos hercínicos de génese mesocrustal são constituídos pelos granitos da senhora da Graça (duas micas, de grão médio com raros megacristais), de Paradança (essencialmente moscovítico, de grão médio a grosseiro), de Vila Real e de Cavez (duas micas, grão médio a grosseiro, com esparsos megacristais).

Os granitos hercínicos de génese crustal profunda principais são constituídos pelos granitos de Amarante e Celorico de Basto (porfiroides, de grão grosseiro, com duas micas). O granito de Celorico e Basto engloba ainda corpos menores de granodioritos, quartzodioritos biotíticos, quartzonoritos e monzonitos de grão variado.

Os granitos apresentam-se afectados por famílias de diaclases verticais a sub-verticais com direcções predominantes de N-S, NE-SW e NW-SE e menos predominantes E-W. Os granitos apresentam-se também com frequentes corpos filonianos de quartzo e aplitos e, mais raramente, de pegmatitos.

Os tufos vulcânicos presentes, surgem integrados na Unidade de Vila Nune formando massas lenticulares alongadas, por vezes com extensões que ultrapassam os 2 km. Estes tufos vulcânicos dividem-se em sílico-sulfurosos, ácidos e intermédios e, intermédios a básicos skarnificados.

Os filões e massas aplíticas (de dimensões variadas chegando a atingir 1000 metros de extensão e 10 metros de espessura) e os filões de quartzo (com extensões inferiores a 200 metros e espessuras de 1 metro) cortam as unidades metasedimentares do Paleozóico e os granitos Hercínicos formando corpos tabulares verticais e sub-verticais.

Os depósitos aluvionares distribuem-se ao longo do rio Tâmega, tal como no sítio do Vau, e em dois dos seus principais afluentes, nomeadamente o rio Veade e Freixeiro. Estes depósitos apresentam-se estreitos com larguras máximas da ordem dos 200 metros e espessuras médias na ordem dos 3 metros sendo constituídos essencialmente por areias, siltes e argilas.

2.4 Enquadramento Hidrológico

A análise da hidrografia, tem particular importância quando encarada como uma ferramenta usada para a definição do uso do solo, onde questões ligadas à hidrografia devem estar correctamente enquadradas numa perspectiva de salvaguarda dos recursos. Essa perspectiva pretende minimizar os riscos que podem estar associados a esses mesmos recursos (e.g. risco de cheia). Os recursos hídricos "... compreendem as águas, abrangendo ainda os respectivos leitos e margens, zonas adjacentes, zonas de infiltração máxima e zonas protegidas...", nº1 do art. 1º da Lei n.º 54/2005, que dependendo da titularidade compreendem "...recurso dominiais ou pertencentes ao domínio público, e os recursos patrimoniais, pertencentes a entidades públicas ou particulares..." n.º2 do art. 1º. Desta forma, pretende-se caracterizar a rede hidrográfica e qualidade da água do concelho de Celorico de Basto.

O concelho de Celorico de Basto é abrangido por uma densa rede hidrográfica e insere-se nas bacias hidrográficas: Ave e Douro (mais precisamente bacia do Ave e Tâmega que constitui uma sub-bacia do Douro). Esta última Bacia abrange 17248 ha, compreendendo esta área cerca de 95% da área do concelho, a bacia do Ave ocupa os restantes 860 ha, tendo por isso pouca expressão neste território (Figura 5).

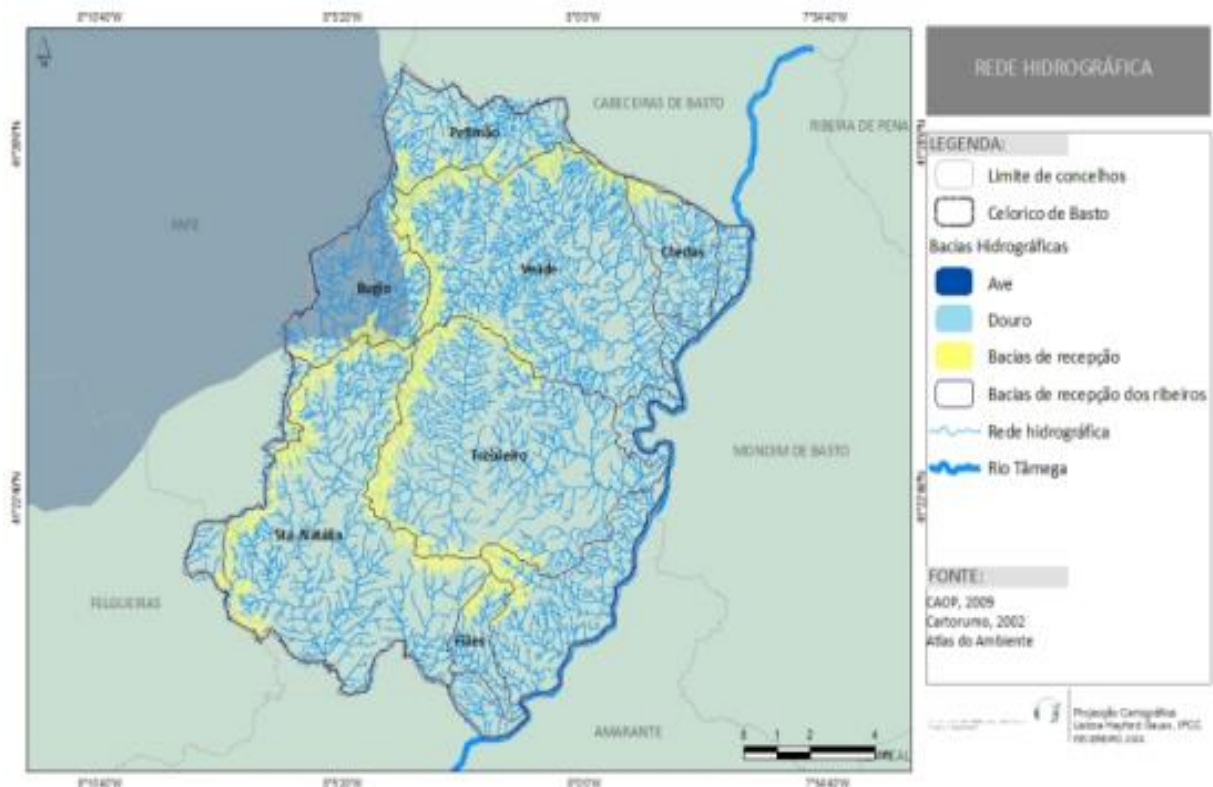


Figura 5- Rede Hidrográfica.(Fonte: INETI).

Da bacia hidrográfica do Ave, o principal curso de água é o rio Bugio que percorre duas freguesias: Basto (S.Clemente) e Rego, tendo um sentido N-S até ao lugar da Ponte em

Argontim (freguesia de Rego) para depois assumir um sentido E-W em direcção ao concelho de Fafe.

O principal curso de água do concelho é o rio Tâmega, que coincide, simultaneamente, com o limite administrativo da parte Este, mais precisamente com o concelho de Mondim de Basto.

São quatro os principais afluentes deste curso de água:

- Rio Veade – A Norte, forma o vale que separa a serra do Ladário (na parte Nordeste) e a Serra de Caçarilhe (na parte central). As suas cabeceiras localizam-se em redor do marco geodésico de S.Pedro, no limite com a bacia Hidrográfica do Ave;
- Rio Freixieiro – Que no seu troço inicial assume a designação de rio da Vila, pois atravessa a sede do concelho. O seu vale separa as elevações da serra do Viso e Caçarilhe com o Monte de Calvelo e elevações de Arnóia;
- Ribeira de Santa Natália – Tem as suas cabeceiras na Serra do Viso, tendo grande parte do seu percurso dentro do concelho, indo desaguar ao Tâmega já no concelho de Amarante. Tem uma orientação inicial E-W até ao lugar de Perraço na freguesia de Rego, adquirindo posteriormente uma direcção N-S até ao limite concelhio, no lugar de Seixoso (fervença) para depois assumir uma direcção W-E até à sua foz;
- Ribeira de Petimão, na parte Norte, fazendo limite com o concelho de Cabeceiras de Basto. Faz parte de um curso de água que tem a sua origem em Fafe, mas que tem denominação de ribeira de Várzea Cova.

Para além destes cursos de água, existem outros com importância local, nomeadamente:

- Ribeira de Infesta (afluente do rio Freixieiro) – Que tem uma orientação N-S separando o seu Vale, a Serra de Caçarilhe e a do Viso.
- E as ribeiras de Fiães e Levadoiro que vão desaguar ao rio Tâmega na freguesia de Codeçoso.

A influência do relevo na hidrografia é evidente se associarmos a morfologia existente às falhas tectónicas com presença de cursos de água. A mais evidente, como já foi referido anteriormente, é a falha que atravessa o concelho com direcção N-S, originando o encaixe da ribeira de Infesta. Quanto ao rio Tâmega verifica-se que se encontra encaixado ao longo do concelho, acontecendo o mesmo com os outros cursos de água principais, mas somente no seu percurso inicial. As bacias de recepção dos principais cursos de água, estão situados na banda Oeste do concelho, área onde se concentram as maiores elevações. As excepções ao anteriormente enunciado situam-se na área de S.Gruivo (nas freguesias de Arnóia e Codeçoso) e a norte na Serra do Ladário.

2.4.1 Análise Morfométrica

A análise Morfométrica que se apresenta pretende verificar se as estruturas geológicas de Celorico de Basto influenciam as características das bacias das ribeiras de Chedas, Fiães, Freixieiro, Sta. Natália e Veade.

2.4.2 Propriedades Lineares

A área da bacia corresponde a toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projectada num plano horizontal. A área das bacias, e das Ribeiras, em análise possuem valores diferentes, variando entre os 42 km² (Ribeira de Sta. Natália) e os 4 km² (Ribeira de Fiães), estamos, por isso, perante bacias de dimensões distintas (tabela 5- área e Perímetro da cada Bacia hidrográfica principal). Área e Perímetro da cada Bacia hidrográfica principal

Tabela 5- Área e Perímetro de cada Bacia hidrográfica principal.

Ribeiras	Área (km ²)	Perímetro (km)
Chedas	704	13,2
Fiães	3,8	12,5
Freixieiro	39,7	31,6
Sta. Natália	41,9	40,8
Veade	39,6	32,4

Fonte: Geoatributo (2010) – PDM Celorico de Basto.

Segundo a classificação de Strahler, nas ribeiras em estudo, o valor máximo de hierarquização é a 6ª ordem, pertencente à Ribeira de Freixieiro, o máximo para as Ribeiras de Sta. Natália e Veade são a 5ª ordem e Chedas e Fiães correspondem à 4ª ordem (Figura 6- Hierarquização da rede hidrográfica segundo Strahler).

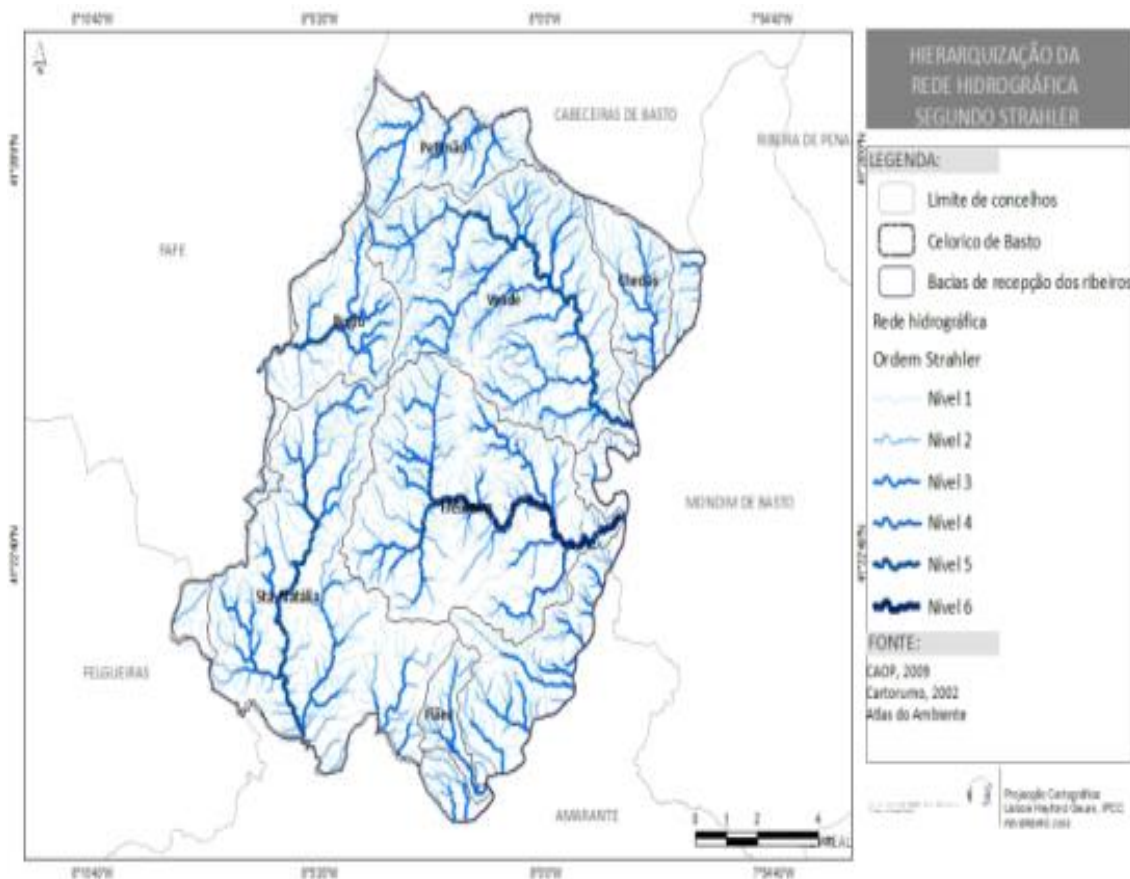


Figura 6- Hierarquização da rede hidrográfica segundo Strahler.

2.4.3 Relação de Bifurcação (R_b)

Esta análise incidu sobre os canais de 1ª e 2ª ordem. Nestes cursos de água, na determinação da relação de bifurcação, concluímos que todos os cursos pertencem à classe R_b [3 -5]. Esta classe corresponde a uma estrutura geológica que não exerce uma influência dominante sobre o padrão de drenagem. Comparativamente à relação de bifurcação da 2ª ordem, à excepção da ribeira de Chedas, pertencem igualmente à classe R_b [3 -5], o que significa que a estrutura geológica já tem alguma influência na estruturação da rede de canais.

2.4.4 Relação de Comprimento

A relação de comprimento, também designada por “Lei dos comprimentos” (Horton, 1933), classifica uma bacia hidrográfica segundo a sua ordenação, através de uma série geométrica directa. Esta lei confirma-se quando o valor dos comprimentos médios se situa entre 1,5 – 3,5.

No caso em estudo, as ribeiras de Chedas, Fiães e Veade seguem uma série geométrica directa, pois os valores rondam o referido intervalo. Desta forma a lei dos comprimentos é

comprovada, o que significa, mais uma vez, que a estrutura geológica tem pouca influência na estruturação da rede de canais. No entanto, o mesmo não se atesta nas ribeiras de Freixieiro e Sta. Natália, pois são registados valores superiores a 3,5, no caso da relação de comprimento entre a 5ª/4ª ordem na Ribeira de Sta. Natália (7,4) e na relação de comprimento entre a 6ª/5ª ordem da ribeira do Freixieiro (7,4), o que indica uma influência lito-estrutural.

2.4.5 Densidade de drenagem

Todas as ribeiras analisadas registaram valores que se situam na classe [$<7,5$], o que significa que correspondem a ribeiras de densidade de drenagem baixa, logo possuem uma textura grosseira no seu leito, ou seja, existe um espaçamento amplo entre os cursos de água. Esta baixa densidade pode ser explicada pela litologia, do concelho de Celorico, que é marcada por terrenos granitoides, ou seja, materiais duros e resistentes à erosão fluvial.

2.4.6 Coeficiente de Manutenção

Nas ribeiras estudadas, este valor varia entre os 154 m² (ribeira de Veade) e os 198 m² (ribeira de Sta. Natália), Isto significa que, no caso da ribeira de Sta. Natália é necessária, em termos médios, 198 m² de área mínima para o desenvolvimento de um metro de canal.

Poder-se-á, em jeito de conclusão e observando os diferentes parâmetros morfométricos descritos anteriormente, que as ribeiras estudadas são diferentes e possuem formas irregulares. A estrutura geológica poderá ter pouca influência na organização da rede hidrográfica, comprovada principalmente pela relação de comprimento e pela relação de bifurcação.

3 Capítulo - Hidrogeologia

Os recursos hídricos subterrâneos distribuem-se no território nacional em função das acções geológicas que moldaram este território. Assim, o território de Portugal Continental pode ser dividido em quatro unidades hidrogeológicas (Figura 7) que correspondem às quatro grandes unidades morfo-estruturais em que se encontra dividido:

- Maciço Antigo, Também designado por Maciço Ibérico ou Maciço Hespérico;
- Orla Mesocenozóica Ocidental, abreviadamente designada por Orla Ocidental;
- Orla Mesocenozóica Meridional, Abreviadamente designada por Orla Meridional;
- Bacia Terciária do Tejo-Sado composta por duas subunidades, a bacia Terciária do Tejo e Sado e a bacia de Alvalade.

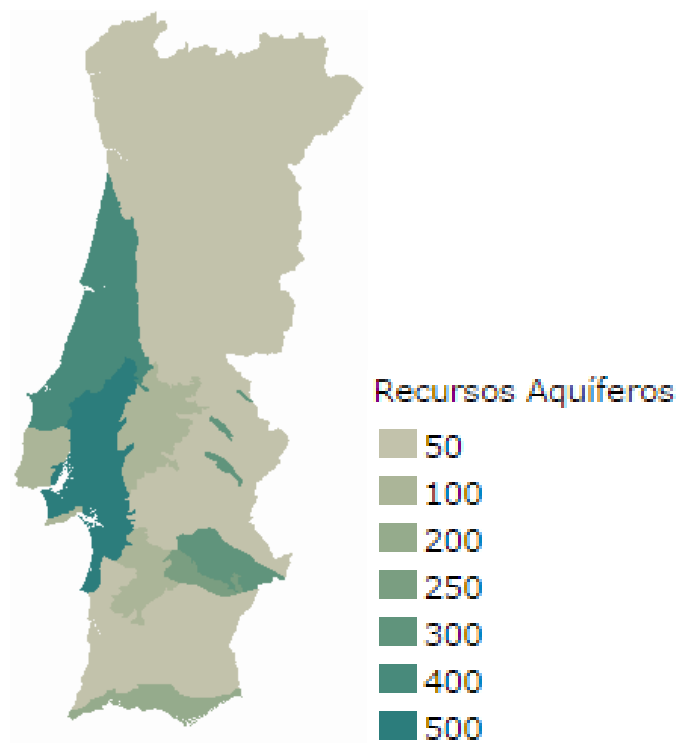


Figura 7- Unidades hidrogeológicas de Portugal e Respective recursos ($m^3/dia.km^2$) (fonte: ATLAS do Ambiente).

Nas bacias Mesocenozóica, ou seja, nas Orlas Ocidental e Meridional, ocupadas essencialmente por rochas detríticas ou carbonatadas, pouco ou nada afectadas por fenómenos de metamorfismo, encontram-se os aquíferos mais produtivos e com recursos mais abundantes. O Maciço Antigo, onde se insere o concelho de Celorico de Basto, é constituído essencialmente por rochas eruptivas e metasedimentares, dispõe, em geral, de poucos recursos, embora se assinalem algumas excepções, normalmente relacionadas com a presença de maciços calcários.

A Carta Hidrogeológica de Portugal à escala 1:1 000 000 revela que o concelho e áreas envolventes é constituída, essencialmente por terrenos de permeabilidade reduzida (rochas intrusivas, hercínicas, predominantemente graníticas) e de permeabilidade muito reduzida (xistos e grauaques, por vezes com quartzitos e raros vulcanitos, do Paleozóico e Pré-câmbrico, em parte intensamente metamorfizados). Trata-se de uma permeabilidade em grande, predominantemente, por fissuração e por fracturação. Por outro lado, sempre que o estado de fracturação e de alteração, quer nas formações metasedimentares quer nas formações graníticas, atinge graus críticos, pode-se desenvolver uma permeabilidade em pequeno, intersticial, na qual a porosidade destes materiais é, geralmente, superior à da rocha-mãe, são a pouco alteradas, que lhes deu origem.

No concelho, os principais reservatórios hidrogeológicos, relativamente semelhantes em termos de parâmetros hidrogeológicos, são constituídos pelas formações metasedimentares e pelas rochas graníticas, ambas apresentando uma porosidade fissural. A uma porosidade do tipo fissural corresponde uma circulação de água nas rochas, preferencialmente, através de descontinuidades, nomeadamente, diaclases, falhas e contactos entre litologias distintas.

Em consequência das fracturas tenderem a fechar-se com o aumento da profundidade, quando esta ultrapassa determinados valores as condições de armazenamento, de condutividade hidráulica e de transmissividade, assumem valores que conduzem a aquíferos de muito má classificação. Por todos estes factores a intersecção das fracturas tem especial importância quando se tenta encontrar o sítio óptimo para a execução de um furo.

Nos locais em que as encostas têm declives acentuados formam-se nascentes, por intersecção da superfície freática com a topografia, que alimentam as pequenas linhas, de água e rios da região.

3.1 Hidroquímica

O interesse geral de um estudo químico de determinada fonte de água passa pelo conhecimento das condições do ambiente natural. Devido ao facto de alguns parâmetros físico-químicos variarem com grande facilidade, entre o momento da recolha das amostras e das suas posteriores análises, alguns são medidos no local. Destes destacam-se o pH, a condutividade eléctrica, o oxigénio dissolvido e a temperatura.

Após conhecermos os resultados das amostras, podemos sintetizar os resultados de forma visual com o auxílio de diagramas. Frequentemente os diagramas mais utilizados são o de Piper, Schoeller, Collins e Stiff.

Para o presente trabalho perspectivou-se a utilização do diagrama de Piper por mostrar-se muito útil nas representações de várias amostras num mesmo diagrama e assim poder comparar as suas características. Contudo para a utilização do diagrama é necessário converter os valores obtidos a partir das análises químicas que vêm normalmente expressos em miligramas por litro (mg/l) ou partes por milhão (ppm) para uma escala medida em percentagem de miliequivalentes por litro (m_{eq}/l). Para se fazer esta conversão é necessário encontrar o factor de conversão que consiste em dividir a valência do Cátion/Anião em estudo pela sua massa atómica.

Importa também referir alguns aspectos que devem ser tidos em conta quanto a metodologia da colheita das amostras. Existe uma norma sobre a colheita de amostras para a realização de análises químicas relativas à qualidade da água (ISO 5667-1:2006) bem como um guia pratico denominado "Guidance on the design of sampling programs and sampling techniques".

De uma forma bastante expedita importa realçar alguns aspectos a ter em conta quanto a rotulagem dos frascos de amostra, nomeadamente:

- Nome do requerente;
- Nome da Exploração;
- Designação da captação;
- Designação do ponto de colheita;
- Data da colheita;
- Hora da colheita;

3.2 Parâmetros Hidrogeológicos do Solo

3.2.1 Condutividade Hidráulica

A condutividade Hidráulica dum meio poroso, como é o caso de um solo, mede a capacidade para esse meio transmitir um fluido, normalmente, a água. Este parâmetro é definido através da lei de Darcy.

Num solo saturado, os poros estão totalmente preenchidos por água, em que a maior parte deles, transmitem-na (Fetter, 2001), enquanto nos solos insaturados, uma parte dos poros estão preenchidos com ar, o que diminuirá a condutividade hidráulica.

No fluxo hídrico de um solo saturado a condutividade hidráulica saturada (k_s) é função das características do fluido e do solo (Radcliffe & Rasmunssen, 2002) dada pela Lei de Darcy:

$$K_s = \frac{(K \cdot \rho \cdot g)}{\mu} \quad [\text{Eq. 4}]$$

K - Permeabilidade intrínseca do solo

ρ - Densidade da água

g - Aceleração da gravidade

μ - Viscosidade da água

Um solo que possua uma textura fina e conseqüentemente poros pouco interligados e com reduzida dimensão, tende a obter valores de K_s mais elevados.

No caso de um fluxo hídrico de um solo não saturado, a condutividade Hidráulica insaturada (k_i) é encarada como função do teor do solo, pois a medida que a água é drenada do solo inicialmente saturado, os poros maiores são esvaziados em primeiro lugar, especialmente em solos bem estruturados ou com uma textura grosseria, em que a dimensão dos poros tem uma reduzida variabilidade, conseqüentemente k_i diminui abruptamente. Em solos mais argilosos, em que estes possuem uma distribuição mais ampla das dimensões dos poros, a sua drenagem conduz a uma diminuição do k_i de formamais suave.

A equação de Gardner (1958) é muito utilizada para descrever K_i em função de uma carga de pressão, h :

$$K_i(h) = K_s \cdot \exp[a(h - H_s)]$$

$$\text{se } 0 < a < +\infty \quad \text{e} \quad h < h_s \leq 0 \quad \text{[Eq. 5]}$$

$$K(h) = k_s \quad \text{se } H \geq h_s$$

O factor a é um parâmetro de forma que depende, principalmente, de textura do solo. Na maioria dos solos naturais o factor a representa a razão entre gravidade e as forças da capilaridade durante a infiltração ou drenagem e, normalmente, varia entre 0.01 e 0.05 cm^{-1} (White Sully, 1987).

Os valores elevados de a indicam que o movimento da água é, fundamentalmente, gravítico para solos com textura grosseira e/ou estrutura forte, enquanto para solos de textura fina e/ou estruturados tendem a apresentar valores reduzidos de a , significando que predominam as forças da capilaridade sobre a gravidade. Elrick *et al.* (1989) apresentaram valores indicativos de a para aplicação com critério de campo (Tabela 6)

Tabela 6- Valores de a de acordo com a textura e estrutura de um solo (adaptado de Elrick *et al.* 1989).

Tipos de solos	a (cm^{-1})
Materiais sem estrutura, argilosos ou siltosos, sedimentos lacustres ou marinhos, etc.	0,01
Solos com textura fina e sem estrutura (argila cu silte); algumas areias finas.	0,04
Solos com textura argilosa a siltosa e estrutura nítida; solos de areias médias; solos agrícolas.	0,12
Solos compostos por areias grossas ou materiais com maior granulometria; solos de estrutura excepcionalmente bem definida e/ou com abundância de fendas e macro poros.	0,36

3.2.2 Ensaios Permeabilidade *in Situ*

A condutividade hidráulica de um solo pode ser avaliada *in situ* com recurso ao permeâmetro de Guelph de carga constante, o Permeâmetro de Guelph (figura 9).



Figura 9- Permeâmetro de Guelph.

Reynolds *et al.* (1983) demonstraram que quando K_s é medido na zona saturada, esta é habitualmente designada por condutividade hidráulica saturada de campo (K_{sc}) reconhecendo o facto de, mesmo em condições de saturação, parte dos poros permanecem insaturados (equação 6). Seguindo essa teoria, um meio poroso em saturação de campo contém menos água do que se estivesse completamente saturado.

Segundo Bouwer (1978) e Reynolds & Elrick (1987), dependendo da quantidade de ar aprisionado no solo, o valor de K_{sc} poderá ser metade do valor de K_s , obtido por saturação completa.

Para muitos estudos, na zona saturada, K_{sc} é considerado mais apropriado que K_s , porque na maioria dos processos naturais de infiltração, a saturação completa do meio poroso nunca é atingida (Reynolds, 1993).

$$K_{sc} = \frac{C.A.R}{[2\pi.H^2 + C\pi^2 + (2\pi H/a)]} \quad [\text{Eq. 6}]$$

Para se determinar *in situ* o valor de K_{sc} utiliza-se um modelo de permeâmetro de carga constante, designado por permeâmetro de Guelph (Reynolds & Elrick, 1986; Espinha Marques *et al.*, 2007).

Este método utiliza os seguintes parâmetros gerais para o cálculo do valor de K_{sc} , no caso de ser aplicada uma única carga hidráulica durante o ensaio:

A- Área de secção do reservatório do permeâmetro (cm^2)

R- taxa de rebaixamento de água no reservatório do permeâmetro (cm s^{-1})

H- carga hidráulica materializada pelo nível constante de água no orifício cilíndrico aberto no solo

B- Factor de adimensional, função da razão entre a carga e o raio do orifício $c = f(H/r)$, obtido num gráfico (Figura 10) ou pelas expressões matemáticas:

- $C_1 = [H/(2.074r+0.093H)]^{0.754} \rightarrow \text{se } a \geq 0.12 \text{ cm}^{-1}$
- $C_2 = [H/(1.992r+0.091H)]^{0.683} \rightarrow \text{se } a = 0.04 \text{ cm}^{-1}$
- $C_3 = [H/(2.102r+0.118H)]^{0.655} \rightarrow \text{se } a = 0.01 \text{ cm}^{-1}$

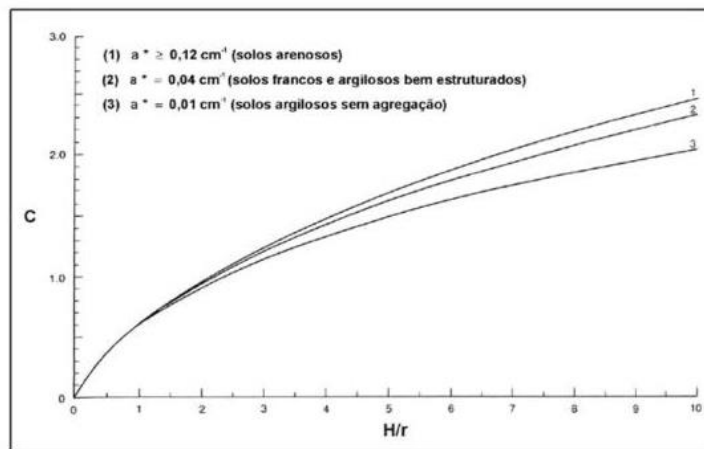


Figura 10- Factor de forma (C) para a utilização no método de Guelph (Adaptado de Reynolds & Elrick, 2002).

3.2.3 Classificação hidrológica de solos

Será importante referir que existem diversas classificações de solos quanto a permeabilidade, tais como Raposo (1996) ou MMA – Ministério de Meio Ambiente (2000). Neste Estudo, adoptou-se a classificação proposta por SSDS – Soil Surveu division Staff (1993), Baseada no valor de K_s (tabela 7).

Tabela 7- Classificação dos solos quanto á permeabilidade (adaptado de SSDS, 1993).

Classe de permeabilidade	K_s ($\mu\text{m/s}$)	K_s (cm/h)
Muito Alta	>100,0	> 36,0
Alta	10,0 a 100,0	3,6 a 36,0
Moderadamente Alta	1,0 a 10,0	0,36 a 3,6
Moderadamente Baixa	0,1 a 1,0	0,036 a 0,36
Baixa	0,01 a 0,1	0,0036 a 0,036
Muito Baixa	<0,01	<0,0036

Este método permite, assim, classificar um determinado solo em categorias, denominadas de Grupos Hidrológicos de Solos (USSCS – United States Soil Conservation Service, 1964), definidas de acordo com a sua capacidade de infiltração mínima, assumida como aproximadamente igual á condutividade hidráulica saturada (Dingman, 1994) e considerando, também, a espessura e a textura do solo.

A caracterização das unidades hidrológicas de solos que se apresenta (tabela 8), resume as contribuições de USSCS (1994) com os limites da condutividade hidráulica saturada SSDS (1993) com as classes de drenagem, USDA – United States Department of Agriculture (1986) e Langan & Lammers (1991).

Tabela 8- Quadro síntese dos grupos hidrológicos de solos.

Grupo	Capacidade de Infiltração	K_s (cm/h)	Textura
A	Solos muito favoráveis à infiltração	> 0,76	Grosseira
B	Solos moderadamente favoráveis à infiltração	0,38 a 0,76	Franca
C	Solos pouco favoráveis à infiltração	0,13 a 0,38	Moderadamente Fina a Fina
D	Solos muito pouco favoráveis à infiltração	<0,13	Fina

- Solo Excessivamente drenado

A água é escoada muito rapidamente, pois estamos na presença de uma superfície freática a mais de 105m profundidade.

- Solo bem drenado

A água é facilmente drenada, pois estamos na presença de uma superfície freática entre 1.0 e 1.5m de profundidade

- Solo moderadamente bem drenado

A água é drenada de forma algo lenta durante parte do ano, pois estamos na presença de uma superfície entre 0.5 e 1.0m de profundidade, pelo menos, durante um mês por ano.

- Solo razoavelmente mal drenado

A água é drenada de forma suficientemente lenta para que o solo se apresente humedecido junto da superfície freática, durante parte considerável do ano, pois estamos na presença de uma superfície freática entre 0.25 e 1.0m de profundidade, pelo menos, durante um mês por ano.

- Solo muito mal drenado

A água é drenada tão lentamente que o solo permanece saturado até junto da superfície topográfica durante longos períodos do ano, com a presença duma superfície freática muito superficial permanente ou quase permanente

3.2.4 Metodologia do permeâmetro de Guelph

O permeâmetro de Guelph um instrumento de medição que é utilizado para a obtenção de valores de condutividade hidráulica *in situ*, permitindo assim avaliar o potencial hidráulicos fluxo da matriz de diferentes e variados tipos de solos (Figura 11 e 12; tabela 9). Para fundamentações das metodologias e técnicas do permeâmetro de Guelph seguiu-se de perto a descrição feita por Espinha Marques (2007).

Trata-se de um equipamento de fácil utilização, pois os ensaios puderam ser efectuados apenas por uma pessoa, em todas as sua, quer no seu transporte, na sua montagem, nas operações e nas respectivas leituras.

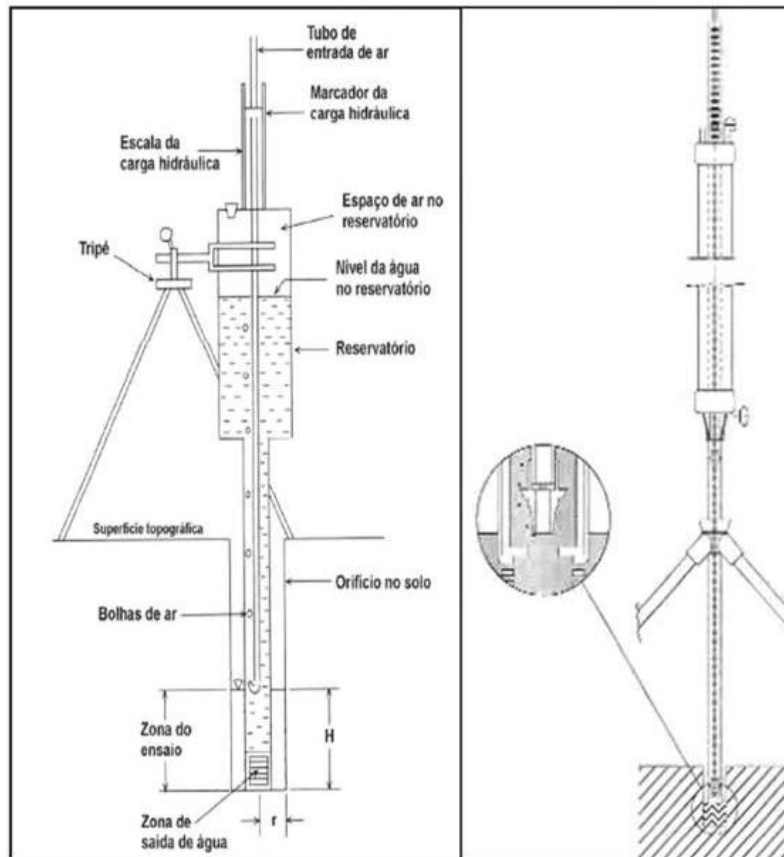


Figura 11- Permeâmetro de Guelph (modificado de Reynolds, 1993).

O método consiste em medir a taxa de recarga de água, no estado estacionário, num solo insaturado, através de um furo cilíndrico de 2" e de uma cabeça que contém um fluxo de água constante. Dependendo do tipo de solo, os ensaios podem ser realizados entre 30 minutos a 2 horas, usando apenas 2,5 litros de água.

- **Equipamento:** Permeâmetro de Guelph
- **Marca:** Soil moisture Equipment Corporation
- **Modelo:** 2800K1

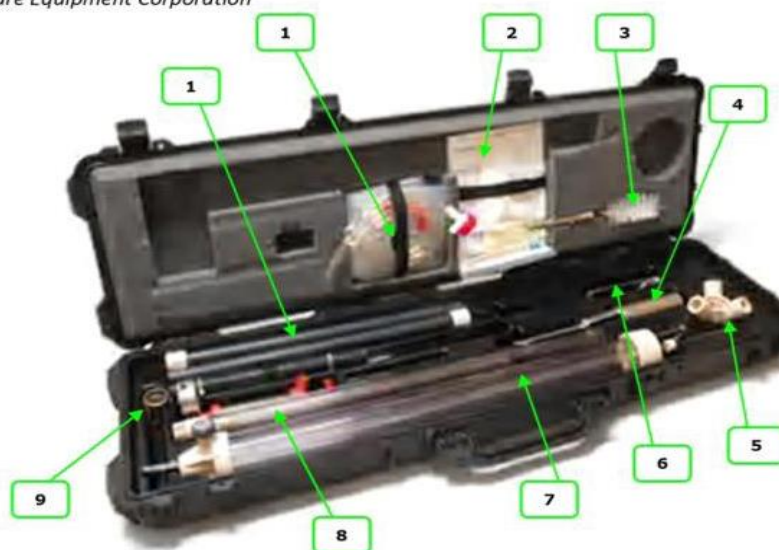


Figura 12- Permeâmetro de Guelph ([http:// Guelph/Soilmoisture_Products.htm](http://Guelph/Soilmoisture_Products.htm)).

Tabela 9- Legenda dos vários acessórios do Permeâmetro de Guelph.

Nº	Instrumento	Descrição
1	Recipiente	Recipiente plástico muito maleável que serve para recarregar os reservatórios
2	Instruções	Livro que explica todas as operações
3	Escova	Após a abertura do orifício, a escova serve para repor a permeabilidade do inicial do solo
4	Cabeça de acabamento	Peça inferior do tramo que é utilizada para obter uma geografia uniforme, após perfuração do orifício
5	Base do Tripé	Peça constituída por um material flexível que permite ajustar as patas do permeâmetro convenientemente face as inclinações do terreno
6	Cabeça de perfuração	Peça inferior do tramo que tem por objectivo perfurar o solo para a obtenção do orifício
7	Reservatório cilíndrico interior e exterior	Tubos em plástico, onde o tubo inferior é graduado e o tubo exterior têm a função de armazenar água necessária para o ensaio
8	Tubo de suporte	Tubo que serve de suporte para a estrutura do permeâmetro e permite conduzir a água desde os reservatórios principais até ao ponto de saída
9	Bomba de Vácuo	Bomba que serve para a introdução de Vácuo no caso de não existir água suficiente no permeâmetro (não utilizado)
10	Patras do Tripé	Tubos que permitem montar o permeâmetro no terreno, garantindo a estabilidade do equipamento



Figura 13- Pormenores da parte superior do Permeâmetro. A- Tubo de ar interior com a palheta; B- Tubo de ar Médio (graduado); C- Tubo para a aplicação da bomba manual de vácuo; D- Tubo exterior;

Montagem do Equipamento:

- 1º. Inserir as patas do tripé na base e de seguida colocar a pequena corrente de segurança através dos orifícios que se encontram nos tubos que constituem as patas do tripé.
- 2º. Ligar o tubo de ar interior com o tubo de ar médio, pressionando com firmeza o tubo de ar inferior contra o encaixe, até que ambos os tubos garantam boa ligação para que não haja problemas quando o permeametro se encontrar na vertical.
- 3º. Unir o tubo de suporte com os tubos recipientes médio e exterior, garantindo a sua firmeza com a base destes, evitando a entrada e saída de ar
- 4º. Montar o permeametro no tripé e ajustar o suporte deslizante à sua base.
- 5º. Inserir com firmeza a palheta para medir o nível de água sobre a tampa dos recipientes, tendo em conta que o "0" na palheta deverá estar aproximadamente 5mm abaixo do topo da tampa dos reservatórios interior e exterior.

Instalação do equipamento:

- Enchimento do permeametro

Para encher o permeametro, de água deve-se retirar o tampão, na parte superior do reservatório, assegurando que a válvula reguladora do fluxo esteja com o seu indicador no máximo para manter ligados os reservatórios interior e exterior (Figura 14).

Para uma melhor operação pode-se utilizar uma sonda que liga o recipiente que contém a água e o permeametro. Para voltar a encher o permeametro pode-se utilizar o

pé, exercendo pressão contra o recipiente ou voltar a encher directamente, elevando o recipiente



Figura 14- Operação de enchimento do Permeâmetro.

- **Posicionamento do permeâmetro no orifício de infiltração**

Para instalar o equipamento correctamente no orifício de infiltração, deve-se baixar lentamente o permeâmetro através do tripé e procurar que o tubo suporte não toque nas paredes do orifício.

Quando o orifício perfurado é maior o que 38cm de profundidade, o permeâmetro posiciona-se sem o tripé, utilizando apenas o suporte deslizante sobre o terreno para obter a estabilidade do equipamento (Figura 15).

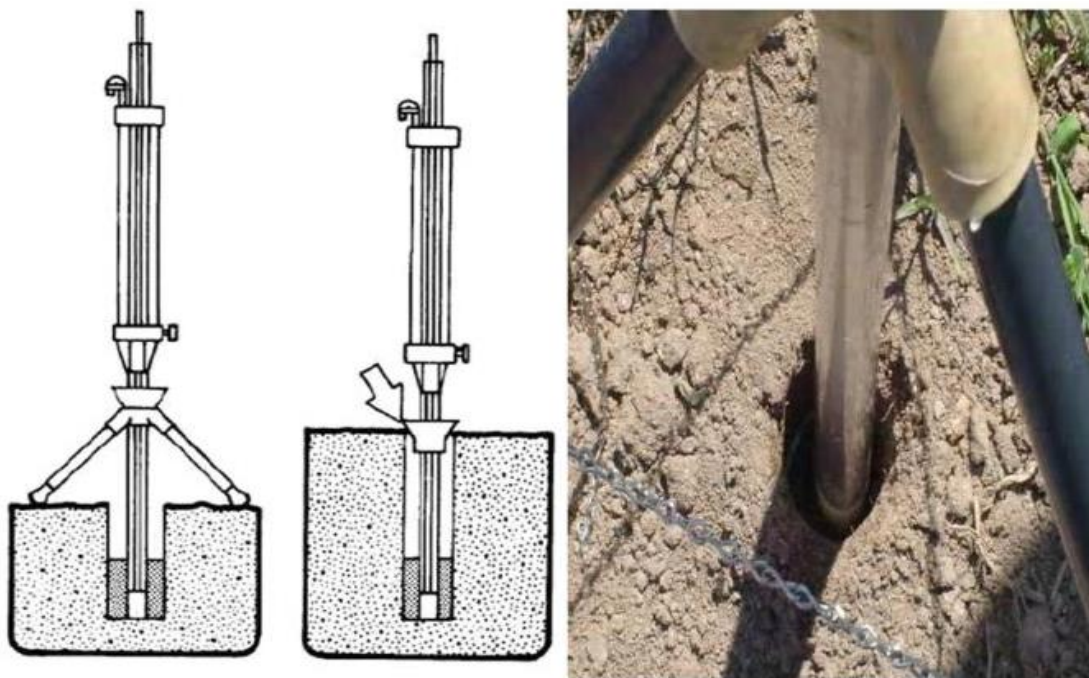


Figura 15- Posicionamento do Permeâmetro sobre o orifício perfurado.

- **Recolha de Dados**

Para determinar a taxa de infiltração nos solos, deve-se utilizar o seguinte procedimento:

1º. Verificação da configuração do permeâmetro

- A válvula da base do recipiente deve estar com o seu indicador no máximo;
- O indicador do nível de água deve estar assente na base da tampa do permeâmetro;
- O orifício para encher o permeâmetro deve estar tapado;
- O tubo de vácuo deve estar correctamente selado;

2º. Estabelecer a altura do nível de água no orifício

Levanta-se suavemente o tubo de ar superior mais alto do que o indicador de altura de água e marca-se a altura doseada. Nesse ponto devemos ter cuidado quando levantamos o tubo de ar muito rapidamente, pois pode gerar turbulências que provocam erosão nas paredes e no fundo do orifício perfurado e conseqüentemente o nível da água pode subir bruscamente, transbordando do orifício.

3º. Seleccionar o reservatório adequado

Verifica-se novamente as considerações descritas no 1º passo e se a velocidade de descida do nível da água, dentro do permeâmetro, é muito lenta para distinguir uma diferença de níveis num intervalo de tempo de 2 min, aproximadamente, irá condicionar o fluxo que é transmitido ao solo através do recipiente inferior (menor Diâmetro). Para tal, gira-se a válvula de modo a que o seu indicador aponte para baixo.

4º. Determina a taxa de infiltração

Deve-se seguir o comportamento do nível de água dentro do permeâmetro, determinando assim, a taxa de infiltração mediante a descida dos níveis de um determinado intervalo de tempo que vai descendo a partir dos 2 até aos 15 min, dependendo do tipo de solo que se esta a estudar:

- Areias e material grosseiro – 2 a 6 min
- Siltes e argilas – 7 a 15 min

A taxa de infiltração determina-se quando existem pelo menos taxas sucessivas iguais, indicando assim, que o sistema se encontra em regime permanente (Tabela 10)

Tabela 10- Folha de registo do ensaio de permeabilidade do solo (segundo Espinha Marques, 2007).

Folha de Registo de Ensaio com Permeâmetro de Guelph											
Data:		Investigador:		Profundidade do orifício:							
Nota: o raio padrão é de 3.0cm											
Constantes do reservatório											
Reservatórios combinados		X: 35.22 cm ²		Ensaio:							
Reservatório interno		Y: 2.15 cm ²									
Tabela 1 - leituras com carga hidráulica de 5cm			Tabela 2 - leituras com carga hidráulica de 10cm								
Número da leitura	Tempo (min)	Intervalo de tempo (min)	água no reservatório	Varição no nível (cm)	variação do nível	Número da leitura	Tempo (min)	Intervalo de tempo (min)	água no reservatório	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
8						8					
9						9					
10						10					
11						11					
12						12					
13						13					
14						14					
15						15					
16						16					
17						17					
18						18					
19						19					
20						20					
Cálculos											
R ₁	Taxa estável do fluxo da Tabela 1			=			/ 60 =	cm/seg			
R ₂	Taxa estável do fluxo da Tabela 2			=			/ 60 =	cm/seg			
Condutividade hidráulica saturada de campo											
H = 5 cm: $K_{sc1} = 0.003007 \times (X \text{ ou } Y) \times R_1$ = cm/seg											
H = 10 cm: $K_{sc2} = 0.001535 \times (X \text{ ou } Y) \times R_2$ = cm/seg											
☐ K_{sc} média = cm/seg											

4 Capítulo - Caso de Estudo

4.1 Descrição

A propriedade alvo deste estudo situa-se no lugar do Outeiro, freguesia de Vale de Bouro concelho de Celorico de Basto. É tradicionalmente uma propriedade de lazer com uma utilização de carácter familiar, no entanto, o cultivo de vinha é uma realidade.

Tendo em conta este ultimo aspecto, os proprietários gostariam de saber que tipo de características tem as águas, bem como os caudais disponíveis para um eventual aproveitamento dos mananciais de água existente na propriedade. O interesse prende-se tanto no ponto de vista de rega como na verificação da potencialidade da criação de uma exploração de água.



Figura 16- Localização dos pontos de amostragem.

4.2 Inventariação de pontos de água

Tendo em conta a necessidade de sistematizar os valores recolhidos no campo, desenvolveu-se uma ficha de campo que pode ser consultada nos anexos. Após o tratamento da informação recolhida, temos a tabela 11 onde se pode ver os valores da temperatura, pH, condutividade Eléctrica e Oxigénio dissolvido em cada ponto de recolha bem como a sua posição geográfica dada pelas suas coordenadas.

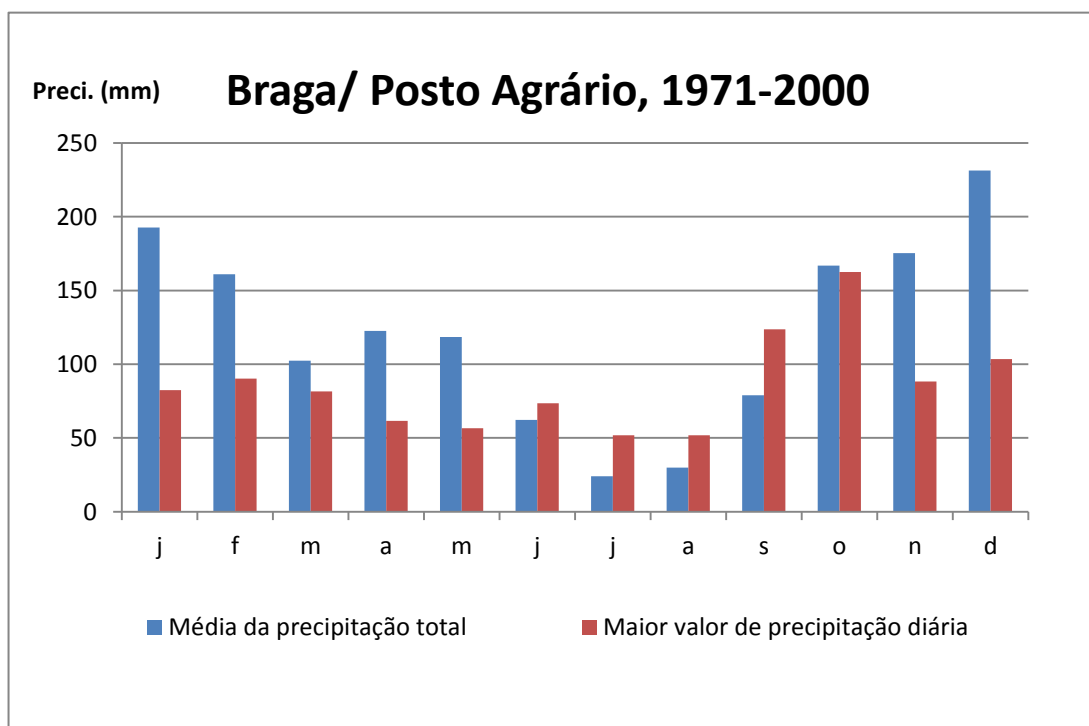
Tabela 11- Dados recolhidos no campo (22/07/2014).

Designação	Temp. (°C)	pH	Cond. Eléctrica (µs/cm)	Oxigénio dissolvido (mg/l)	Coordenadas GPS
Entubada 1	20,3	6,91	112,5	7,81	W 41°26'384' W0 08°00'625'
Rio esquerda 1	16,6	6,87	76,8	7,91	W 41°26'318' W0 08°00'735'
Rio esquerda 2	17,0	7,15	43,8	8,73	W 41°26'299' W0 08°00'624'
Lago 1	16,8	6,14	46,5	7,58	W 41°26'311' W0 08°00'623'
Dreno 1	20,9	6,58	51,0	7,70	W 41°26'313' W0 08°00'612'
Dreno 2	18,6	6,7	49,7	7,50	W 41°26'304' W0 08°00'600'
Entubada 3	21,7	7,24	111,5	7,61	W 41°26'364' W0 08°00'572'
Tanque 1	20,5	7,12	101,4	7,65	W 41°26'368' W0 08°00'533'
Tanque escadas 1	17,2	5,88	110,1	8,16	W 41°26'397' W0 08°00'533'
Tanque escadas 2	19,3	6,37	94,7	7,39	W 41°26'397' W0 08°00'533'
Tanque escadas 3	16,5	7,21	90,5	7,32	W 41°26'397' W0 08°00'533'
Tanque entubado 1	17,8	6,05	119,9	7,60	W 41°26'337' W0 08°00'536'
Tanque entubado 2	22	7,12	107,1	7,64	W 41°26'337' W0 08°00'536'

4.3 Definição de parâmetros

Para se levar a cabo uma análise realista é necessário utilizar valores normalizados e coerentes ao longo de todo o estudo, tendo esse aspecto em conta e recorrendo ao atlas iberico foi possível definir as normais Climatológicas.

Gráfico 3- Normal Climatológica (precipitação).

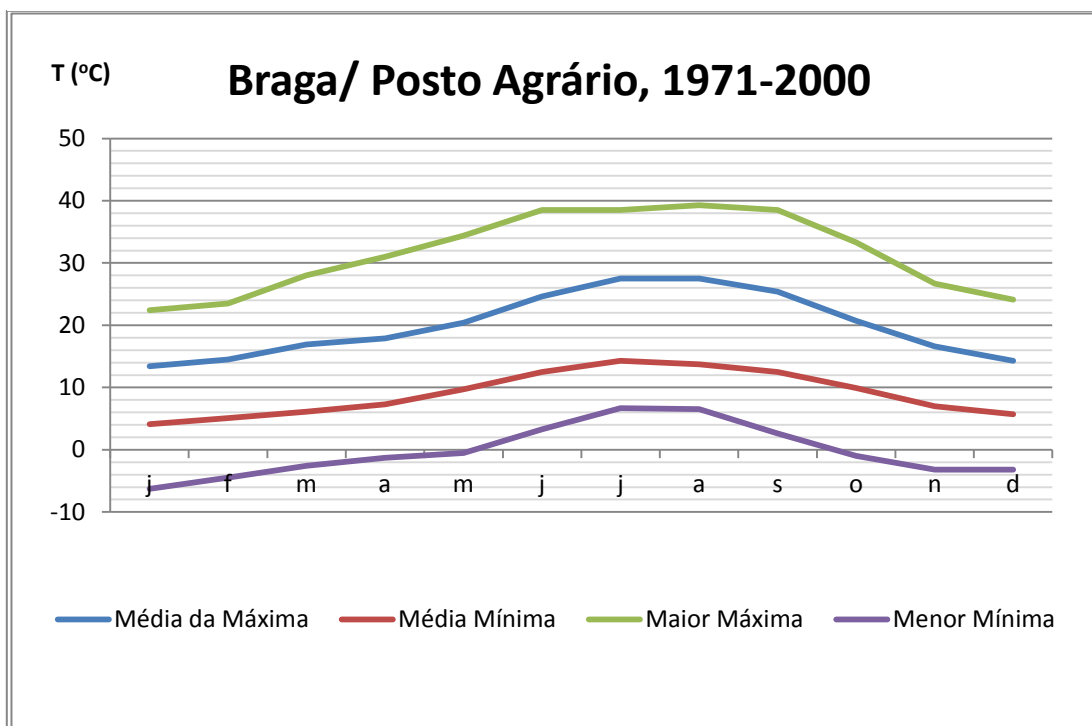


Fonte: ATLAS Ibérico.

Tabela 12-Valores da precipitação.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Média da precipitação total	192,7	161	102,3	122,5	118,5	62,2	24,1	29,8	79	166,8	175,4	231,4
Maior valor de precipitação diária	82,5	90,2	81,6	61,6	56,6	73,5	51,8	51,8	123,7	162,5	88,2	103,5

Gráfico 4- Normal climatológica (Temperatura).



Fonte: ATLAS Ibérico.

Tabela 13- Valores da Temperatura.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Média da Máxima	13,4	14,5	16,9	17,9	20,4	24,6	27,5	27,5	25,4	20,7	16,6	14,3
Média Mínima	4,1	5,1	6,1	7,3	9,7	12,5	14,3	13,7	12,5	9,9	7	5,7
Maior Máxima	22,4	23,5	28	31	34,4	38,5	38,5	39,3	38,5	33,3	26,7	24,1
Menor Mínima	-6,3	-4,5	-2,6	-1,3	-0,5	3,3	6,7	6,5	2,6	-1	-3,2	-3,2

4.4 Dados

Os dados recolhidos em termos de caudais, foram realizados ao longo do período de quatro meses. Para se chegar à tabela 14 foi necessário utilizar um recipiente de aproximadamente 5 litros (4,8 l). Com o auxílio de um cronómetro foi possível medir o tempo necessário para encher o recipiente e assim dividir a capacidade do recipiente pelo tempo dispendido para assim encontrar o caudal em m³/s.

	26- Mar	20- Abr	21- Mai	27- Jun	08- Jul	10- Jul	14- Jul	16- Jul	18- Jul	21- Jul	23- Jul	25- Jul	28- Jul	30- Jul
1	0,98	0,42	0,27	0,37	0,37	0,30	0,30	0,23	0,26	0,23	0,37	0,25	0,24	0,24
2	4,01	3,46	3,04	3,01	3,44	2,94	2,45	2,73	3,01	3,16	2,67	3,23	2,62	3,28
3	4,80	3,20	0,00	0,17	0,11	0,11	0,24	0,22	0,60	0,76	0,77	0,74	0,20	0,77
4	0,68	0,54	0,45	0,40	2,40	1,04	0,76	1,94	1,95	2,11	2,20	2,40	1,97	2,53
5	1,05	0,45	0,29	0,40	0,39	0,34	0,38	0,29	0,30	0,26	0,44	0,29	0,19	0,28
6	0,64	0,46	0,36	0,38	0,35	0,31	0,30	0,30	0,28	0,36	0,35	0,35	0,36	0,36
7	0,31	0,18	0,13	0,15	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,13	0,13	0,13	0,12
8	0,28	0,31	0,35	0,24	0,23	0,21	0,29	0,25	0,25	0,25	0,22	0,22	0,25	0,25
9	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
10	0,28	0,20	0,16	0,15	0,14	0,15	0,16	0,20	0,17	0,10	0,08	0,11	0,11	0,12
11	1,15	0,96	0,82	0,87	0,85	0,70	0,55	0,37	0,70	0,74	0,82	0,71	0,66	0,77

Tabela 14- - Caudais (m³/s).

1- Entubada 1-E1 2-Lago 1-L1 3-Dreno 1 – D1 4-Dreno 2 – D2 5-Entubada 3 - E3
6-Tanque 1 –T1 7-Tanque escadas 1 -TE1 8-Tanque escadas 2-TE2
9- Tanque escadas 3 –TE3 10-Tanque entubado 1 -TE14 11-Tanque entubado 2-TE5

Tabela 15- Leituras do Permeômetro Ensaio 1a.

Tabela 15 - Leitura com carga hidráulica de 5 cm					
Nº Leitura	Tempo (min)	Intervalo de tempo (min)	Nível da água no reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	0	-	3	-	-
2	2	2	3,5	0,5	0,25
3	4	2	3,9	0,4	0,2
4	6	2	4,1	0,2	0,1
5	8	2	4,4	0,3	0,15
6	10	2	4,7	0,3	0,15
7	12	2	5	0,3	0,15
8	14	2	5,2	0,2	0,1
9	16	2	5,5	0,3	0,15
10	18	2	5,7	0,2	0,1
11	20	2	6	0,3	0,15
12	22	2	6,2	0,2	0,1
13	24	2	6,4	0,2	0,1
14	26	2	6,6	0,2	0,1
15	28	2	6,8	0,2	0,1
16	30	2	7	0,2	0,1

Na tabela 15 pode-se verificar que para o permeômetro de Guelph no primeiro ensaio realizado com uma carga hidráulica de 5 cm a taxa de variação do nível estabilizou a 0,1 cm/min. Na tabela 16 pode-se verificar que para o permeômetro de Guelph no segundo ensaio realizado com uma carga hidráulica de 10 cm a taxa de variação do nível estabilizou a 0,15 cm/min.

Tabela 16- Leituras do Permeâmetro Ensaio 1b.

Tabela 2 - Leitura com carga hidráulica de 10 cm					
Nº Leitura	Tempo (min)	Intervalo de tempo (min)	Nível da água no reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	0	-	10,9	-	-
2	2	2	11,3	0,4	0,2
3	4	2	11,6	0,3	0,15
4	6	2	11,9	0,3	0,15
5	8	2	12,3	0,4	0,2
6	10	2	12,6	0,3	0,15
7	12	2	12,9	0,3	0,15
8	14	2	13,2	0,3	0,15
9	16	2	13,5	0,3	0,15
10	18	2	13,8	0,3	0,15
11	20	2	14,1	0,3	0,15

Tabela 17- Resultados Ensaio 1.

Taxa de variação de nível estabilizada (T1) =	0,1 s	
Taxa de variação de nível estabilizada (T2) =	0,15 s	
R1 Taxa estável do fluxo da Tabela 1:	0,00167 cm/s	
R2 Taxa estável do fluxo da Tabela 2:	0,0025 cm /s	
Condutividade hidráulica saturada de campo		
H = 5 cm	0,003007 * (X ou Y) * R1	
H = 10 cm	0,001535 * (X ou Y) * R2	
Ksc1 =	0,000176 cm/s	0,634 cm/h
Ksc2 =	0,000135 cm/s	0,485 cm/h
Ksc média =	0,000155 cm/s	0,559 cm/h

Com base nos resultados obtidos e na consulta da tabela 8 conclui-se que se trata de um solo Franco de Permeabilidade moderadamente alta onde a água é drenada de forma algo lenta durante parte do ano, pois estamos na presença de uma superfície entre 0,5 e 1,0m de profundidade, pelo menos, durante um mês por ano.

Tabela 18- Leituras do Permeômetro Ensaio 2a.

Tabela 18 - Leitura com carga hidráulica de 5 cm					
Nº Leitura	Tempo (min)	Intervalo de tempo (min)	Nível da água no reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	0	-	2,3	-	-
2	2	2	3,3	1	0,5
3	4	2	3,7	0,4	0,2
4	6	2	4,3	0,6	0,3
5	8	2	5	0,7	0,35
6	10	2	5,5	0,5	0,25
7	12	2	6,1	0,6	0,3
8	14	2	6,7	0,6	0,3
9	16	2	7,2	0,5	0,25
10	18	2	7,7	0,5	0,25
11	20	2	8,3	0,6	0,3
12	22	2	8,7	0,4	0,2
13	24	2	9,2	0,5	0,25
14	26	2	9,7	0,5	0,25
15	28	2	10,2	0,5	0,25
16	30	2	10,7	0,5	0,25

Na tabela 18 pode-se verificar que para o permêmetro de Guelph no primeiro ensaio realizado com uma carga hidráulica de 5 cm a taxa de variação do nível estabilizou a 0,25 cm/min. Na tabela 19 pode-se verificar que para o permêmetro de Guelph no segundo ensaio realizado com uma carga hidráulica de 10 cm a taxa de variação do nível estabilizou a 0,35 cm/min.

Tabela 19- Leituras do Permeâmetro Ensaio 2b.

Tabela 19 - Leitura com carga hidráulica de 10 cm					
Nº Leitura	Tempo (min)	Intervalo de tempo (min)	Nível da água no reservatório (cm)	Varição no nível (cm)	Taxa de variação do nível (cm/min)
1	0	-	14,7	-	-
2	2	2	15,3	0,6	0,3
3	4	2	16,3	1	0,5
4	6	2	17	0,7	0,35
5	8	2	17,8	0,8	0,4
6	10	2	18,5	0,7	0,35
7	12	2	19,3	0,8	0,4
8	14	2	20	0,7	0,35
9	16	2	20,8	0,8	0,4
10	18	2	21,5	0,7	0,35
11	20	2	22,2	0,7	0,35
12	22	2	22,9	0,7	0,35
13	24	2	23,6	0,7	0,35
14	26	2	24,3	0,7	0,35

Tabela 20- Resultados Ensaio 2.

Taxa de variação de nível estabilizada (T1) =	0,25 s	
Taxa de variação de nível estabilizada (T2) =	0,35 s	
R1 Taxa estável do fluxo da Tabela 1:	0,00417 cm/s	
R2 Taxa estável do fluxo da Tabela 2:	0,00583 cm/s	
Conductividade hidráulica saturada de campo		
H = 5 cm	0,003007 * (X ou Y) * R1	
H = 10 cm	0,001535 * (X ou Y) * R2	
Ksc1	0,00044 cm/s	1,58 cm/h
Ksc2	0,000314 cm/s	1,13 cm/h
Ksc média	0,000377 cm/s	1,36 cm/h

O intervalo de resultados do segundo local não se afasta substancialmente do primeiro tendo também ficado classificado como um solo Franco de Permeabilidade moderadamente alta.

4.5 Balanço Hídrico

Tabela 21- Método de balanço hidrológico do solo de Thornthwaite-Mather.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T	13,40	14,50	16,90	17,90	20,40	24,60	27,50	27,50	25,40	20,70	16,60	14,30
E	24,48	29,21	51,03	62,65	93,96	142,94	185,27	172,66	126,91	74,37	39,36	27,29
P	192,70	161,00	102,30	122,50	118,50	62,20	24,10	29,80	79,00	166,80	175,40	231,40
P-E	168,22	131,79	51,27	59,85	24,54	-80,74	-161,17	-142,86	-47,91	92,43	136,04	204,11
Er	24,48	29,21	51,03	62,65	93,96	117,60	59,80	36,57	79,81	74,37	39,36	27,29
D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,34	125,47	136,10	47,10	0,00	0,00	0,00
S	168,22	131,79	51,27	59,85	24,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	129,79	204,11

P-E - Precipitação - Evapotranspiração S - Super avito P - Precipitação D – Déficit
T - Temperatura Er - Evapotranspiração Real E - Evapotranspiração

Na tabela 21 podemos ver o balanço hidrológico realizado segundo o método de Thornthwaite-Mather onde salta a vista que nos meses de Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro, não existe super avito em termos hídricos. Contudo, apenas existe déficit hídrico nos meses de Junho, Julho e Agosto.

4.6 Hidrogeoquímica

Não foi possível proceder a análise química da água. Contudo é importante ter a noção da importância desta ferramenta para obtenção de resultados mais concretos e com maior relevância na caracterização das águas.

4.7 Análise em Componentes Principais

Segundo Góis, “... a análise em Componentes Principais (adiante designada simplesmente por ACP), sendo um dos métodos factoriais da Análise de Dados integrados no domínio da estatística multivariada, é uma técnica com um objectivo essencialmente descritivo e adaptada ao tratamento de dados contidos em quadros multidimensionais de grandes dimensões (os princípios teóricos da ACP e uma certa praxis interpretativa – estratégia

recursiva designada por retroacção em análise factorial – encontram-se fundamentados em disciplinas como a Álgebra Linear e a Estatística Multivariada...”, (Gois, 2003).

Ainda segundo o mesmo autor, sobre as matrizes de *input* (no caso do presente trabalho podemos visualizar um exemplo dessa matrizes na tabela 22), constituída por números reais, é possível encontrar os “factores” (características estruturais básicas) que melhor explicam as relações de proximidade e oposição no interior do conjunto das *p* variáveis (colunas da matriz), no interior das *n* amostras (linhas da matriz) e nos dois conjuntos em simultâneo. Em ACP, os factores, hierarquizados por ordem decrescente da sua importância (vidé tabela 23) para a explicação da tabela de partida, constituem um sistema de eixos ortonormais (espaço de dimensão reduzida compatível com a interpretação) onde é possível visualizar, sob a forma gráfica, as projecções matriz de dados (ver Tabela 24). A interpretação das projecções baseia-se num conjunto de regras que pretendem evidenciar as relações mais importantes existentes nos dados de partida

Tabela 22- Valores utilizados para a análise.

	E1	L1	D1	D2	E3	T1	TE1	TE2	TE3	TE4	TE5
26ma	0.98	4.01	4.80	0.68	1.05	0.64	0.31	0.28	0.07	0.28	1.15
20ab	0.42	3.46	3.20	0.54	0.45	0.46	0.18	0.31	0.06	0.20	0.96
21mo	0.27	3.04	0.00	0.45	0.29	0.36	0.13	0.35	0.05	0.16	0.82
27jn	0.37	3.01	0.17	0.40	0.40	0.38	0.15	0.24	0.04	0.15	0.87
8jl	0.37	3.44	0.11	2.40	0.39	0.35	0.15	0.23	0.04	0.14	0.85
10jl	0.30	2.94	0.11	1.04	0.34	0.31	0.15	0.21	0.03	0.15	0.70
14jl	0.30	2.45	0.24	0.76	0.38	0.30	0.14	0.29	0.03	0.16	0.55
16jl	0.23	2.73	0.22	1.94	0.29	0.30	0.13	0.25	0.03	0.20	0.37
18jl	0.26	3.01	0.60	1.95	0.30	0.28	0.13	0.25	0.02	0.17	0.70
21jl	0.23	3.16	0.76	2.11	0.26	0.36	0.12	0.25	0.02	0.10	0.74
23jl	0.37	2.67	0.77	2.20	0.44	0.35	0.13	0.22	0.02	0.08	0.82
25jl	0.25	3.23	0.74	2.40	0.29	0.35	0.13	0.22	0.02	0.11	0.71
28jl	0.24	2.62	0.20	1.97	0.19	0.36	0.13	0.25	0.02	0.11	0.66
30jl	0.24	3.28	0.77	2.53	0.28	0.36	0.12	0.25	0.02	0.12	0.77

Tabela 23- Grau de Significância.

	Valor Próprio	% Exp	% Acum
1	7.53	68.48	68.48
2	1.624590	14.77	83.25

A validação e conseqüente interpretação das projecções, quer das variáveis quer dos indivíduos é feita com base no valor absoluto da coordenada dos elementos em causa no

respectivo eixo factorial. Assim é interpretável no eixo factorial o elemento que apresenta, em valor absoluto, um registos superior a 0.5.

Tabela 24- Valores de Correlação das variáveis com os eixos factoriais.

	1	2
E1	0.95	0.19
L1	0.78	0.35
D1	0.91	0.17
D2	-0.55	0.72
E3	0.93	0.18
T1	0.94	0.17
TE1	0.96	0.12
TE2	0.40	-0.77
TE3	0.90	-0.33
TE4	0.80	-0.29
TE5	0.79	0.23

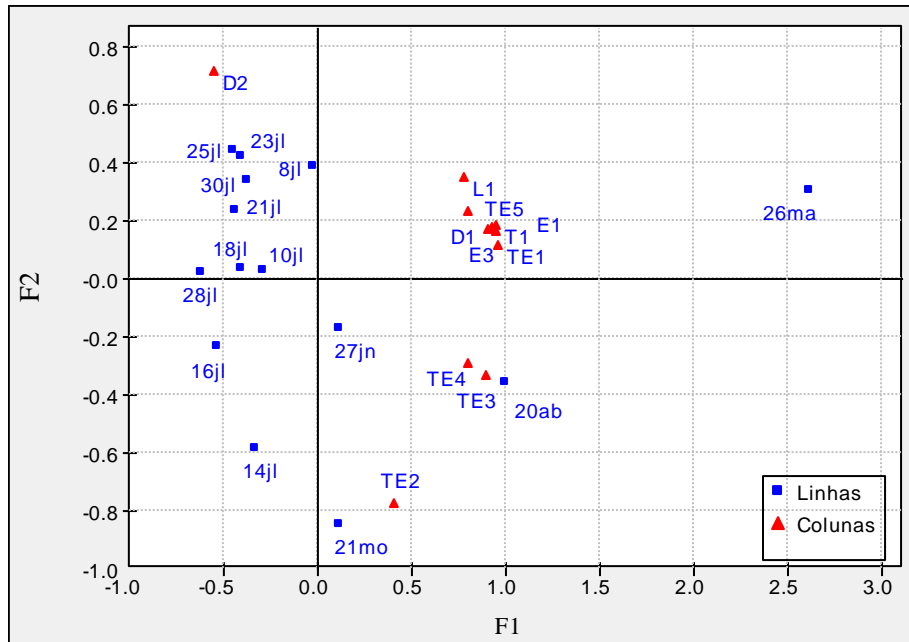


Figura 17- Projecções Gráficas das amostras nos planos factoriais F1/F2.

Ilustração - ACP – Projecção no plano factorial F1, F2 dos indivíduos (leia-se amostras nos diferentes dias) e das variáveis (leia-se diferente locais de amostragem)

Da observação da ilustração é possível constatar que, tal como expectável, os valores mais elevados dos caudais medidos estão associados à amostragens efectuadas durante os meses de Março, Abril, Maio e Junho.

A amostragem realizada no segundo dreno (**D2**) revela um comportamento anómalo em relação aos restantes locais de amostragem e esta evidência é particularmente notória a partir das amostragens efectuadas no mês de Julho. Este comportamento é perfeitamente

justificável face á mudança de condições no ponto de recolha, uma vez que se trata de um dreno que continha alguns constrangimentos físicos no ponto de admissão (galhos e lodo) que a partir da referida data desapareceram permitindo um aumento substancial do fluxo.

Embora tenhamos a consciência que a Análise em Componentes Principais, enquanto técnica da estatística multivariada deveria implicar um maior número quer de amostras (entenda-se dias de leituras) quer de variáveis (por exemplo, outras características já anteriormente enunciadas, por exemplo, condutividade, pH, etc. ...), não quisemos deixar de usar esta ferramenta de análise para:

- i) Verificação da consistência interna dos dados;
- ii) Detecção de comportamentos anómalos quer nos diferentes locais de amostragem (colunas da nossa matriz de dados), quer nos diferentes dias de recolha de caudais (linhas da matriz de dados originais);
- iii) Análise e interpretação dos sistemas de inter-relações entre os diferentes locais de amostragem e os dias de registo dos mesmos.

Tabela 25- Matriz de dados Variáveis.

	22jl	PH	Temp	O2	μ
E1	0.30	6.91	20.30	7.81	112.50
L1	2.92	6.14	16.80	7.58	46.50
D1	0.77	6.58	20.90	7.70	51.00
D2	2.16	6.70	18.60	7.50	49.70
E3	0.35	7.24	21.70	7.61	111.50
T1	0.36	7.12	20.50	7.65	101.40
TE1	0.13	5.88	17.20	8.16	110.10
TE2	0.24	6.37	19.30	7.39	94.70
TE3	0.02	7.21	16.50	7.32	90.50
TE4	0.09	6.05	17.80	7.60	119.90
TE5	0.78	7.12	22.00	7.64	107.10

Tabela 26- Grau de Significância.

	Valor Próprio	% Exp	% Acum
1	2.11	42.13	42.13
2	1.57	31.32	73.45
3	0.88	17.53	90.98

Tabela 27- Valores de Correlação.

Eixos Variáveis	1	2	3
22jl	0.85		
Ph	-0.51	0.78	
T	-0.60		0.59
O2		-0.74	0.60
Miu (μ)	-0.85		

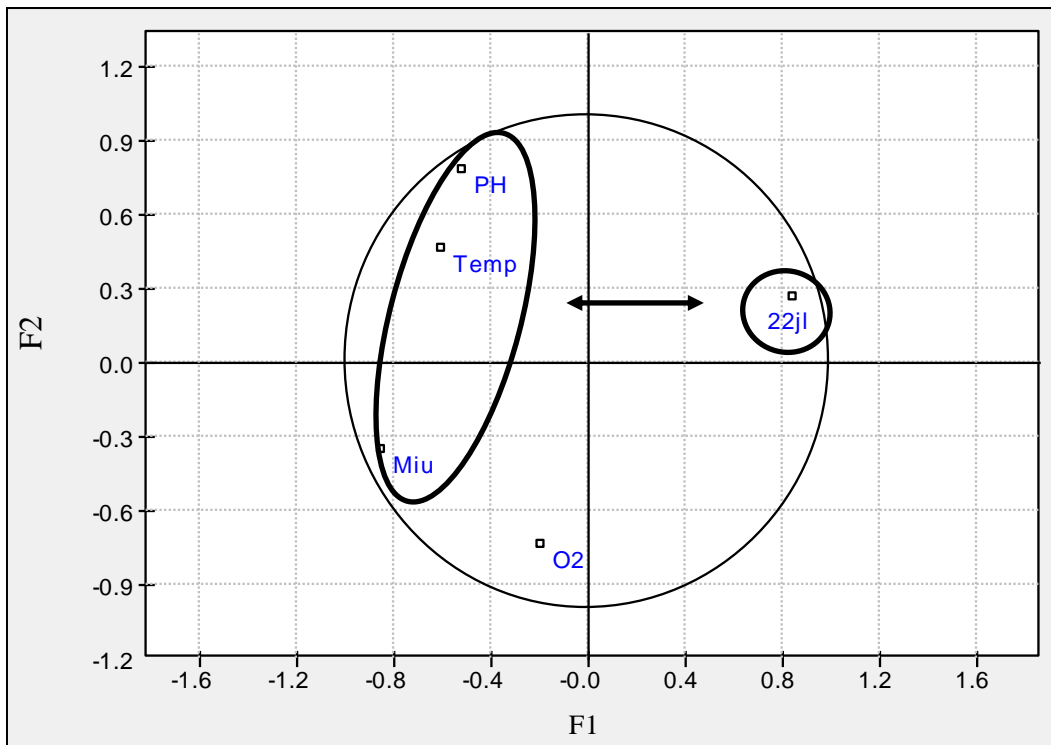


Figura 18- Projeções Gráficas nos planos factoriais F1/F2.

Na imagem em cima pode-se facilmente ver que existem dois tipos de correlações. No plano F1 existe uma relação de simetria entre o caudal e o “cluster” constituído pelas variáveis pH, Temperatura e Condutividade eléctrica. Bem como uma correlação directa entre os diferentes elementos do dito “cluster”

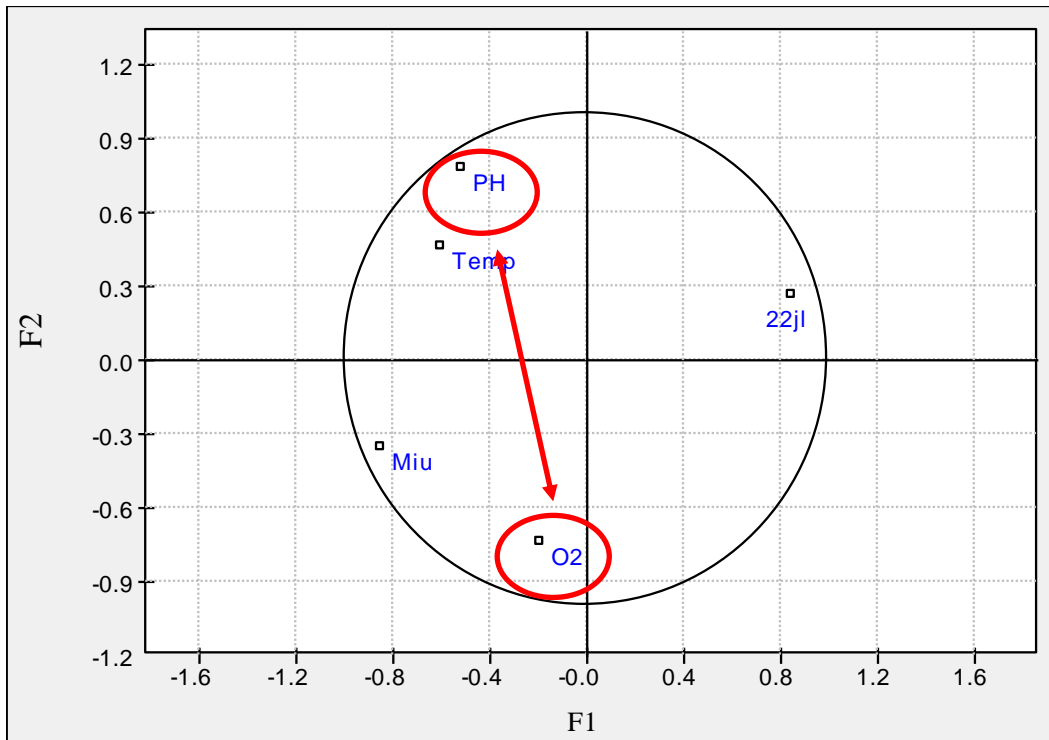


Figura 19- Projecções Gráficas das variáveis nos planos factoriais F1/F2.

No que diz respeito ao eixo F2, é notória a relação de simetria existente entre o pH e o Oxigénio dissolvido. Ou seja, quando o pH aumenta o oxigénio dissolvido desce.

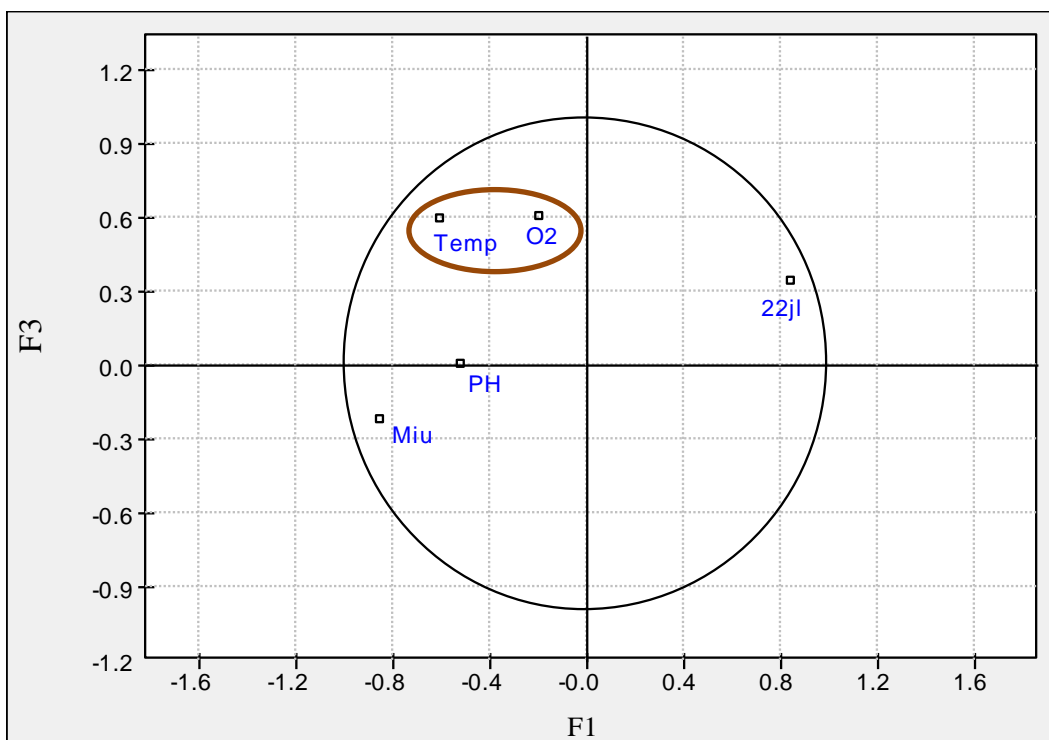


Figura 20- Projecções Gráficas das variáveis nos planos factoriais F1/F3.

No plano F3 é visível que existe uma relação directa entre a temperatura e o oxigénio dissolvido, de tal modo que quando a temperatura aumenta o oxigénio dissolvido também aumenta.

4.8 Comportamento Zonal

Numa tentativa de fazer uma primeira aproximação da área de influência/recarga do aquífero em estudo, e com o auxílio do google earth foi possível estabelecer uma área que delimita por constrangimentos orográficos a área de influência (Figura 21).

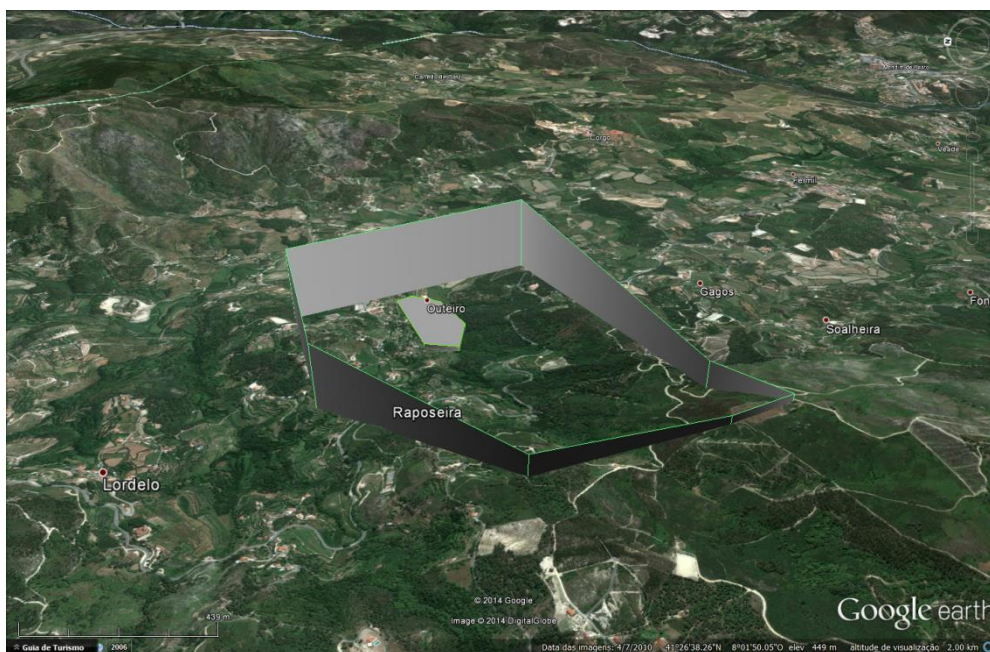


Figura 21- Delimitação da área de influência do aquífero.

Em seguida, através da sobreposição da carta Geológica na Figura 22 foi possível verificar que toda a área de influência está assente na mesma litologia, o Granito, fugindo assim a fase de transição para os Xistos.

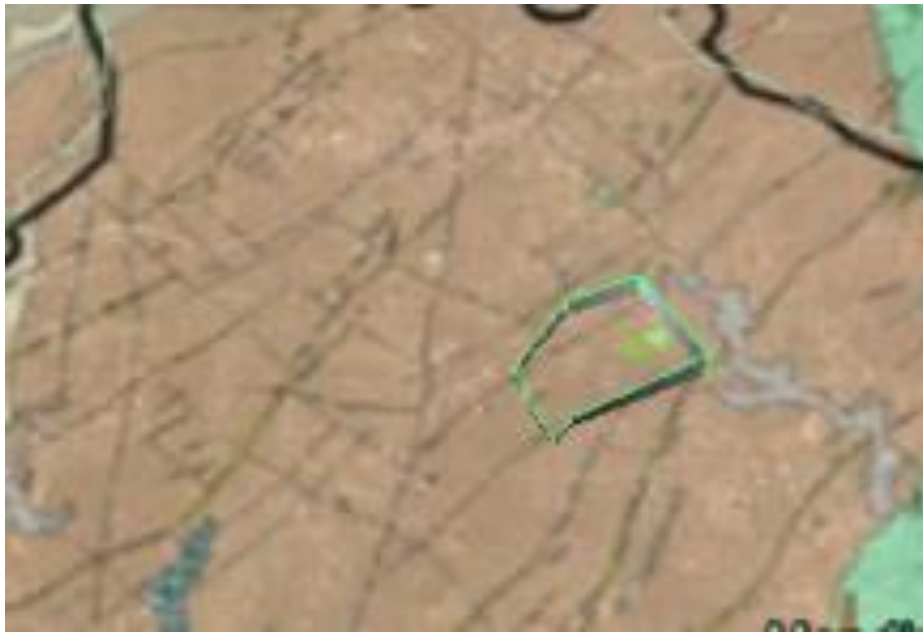


Figura 22- Enquadramento Geológico.

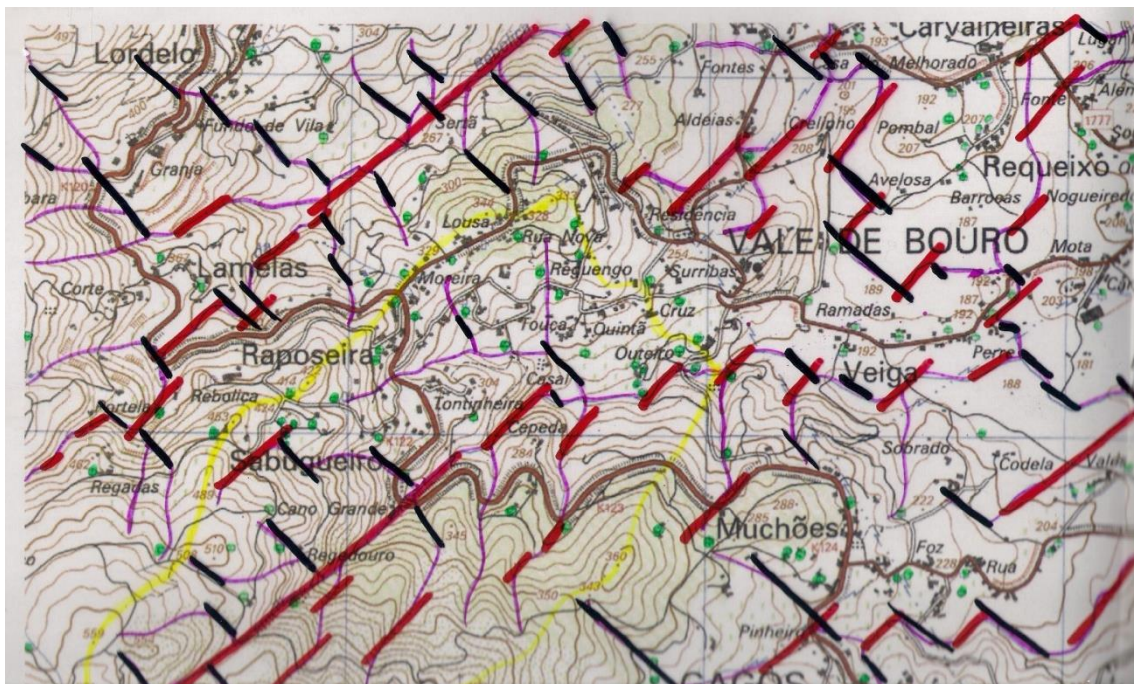


Figura 23- Representação do controlo estrutural existente.

Pelo visionamento da Figura 23, torna-se bastante obvio que existe um forte constrangimento de ordem estrutural no sistema hidrográfico onde se enquadra a propriedade. Existem duas grandes Famílias de Falhas que são facilmente identificadas com os tramos Vermelhos e Pretos (NE-SW e NW-SE respectivamente) formando um ângulo de 90°. A Amarelo está representada aquela que será a área de influência e Recarga do aquífero.

Para chegar a esta Figura foi necessário, sobrepor uma folha de acetato de forma a permitir marcar a rede Hidrográfica (lilás). A partir desse ponto foi possível marcar todos os tramos rectos existentes que indicam a existência de falhas. Com o uso de diferentes cores para diferentes orientações é fácil verificar visualmente e de forma expedita tipo de controlo estrutural existente na nossa área de estudo.

5 Capítulo – Proposta de Desenvolvimento

5.1 Modelo hidrogeológico interpretativo do Aquífero

Existem duas vertentes deste modelo. Uma patente na figura 24 que tenta representar o que se passa nas captações existentes em flanco de encosta e uma segunda (figura 25) onde se tenta chegar a um modelo para as partes da área de estudo que se encontram encaixadas no vale.

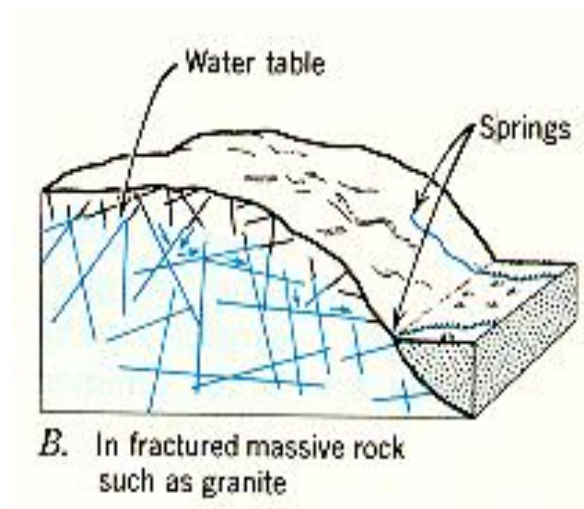


Figura 24- Modelo para o Flanco de Encosta.

Nesta figura, podemos verificar que quando as fraturas se entersectam com os constrangimentos do terreno dão origem a nascentes de flanco de encosta. Este tipo de resurgências é bastante comum na propriedade em estudo.

A distribuição e interligações de fraturas influenciam a porosidade efetiva de rochas cristalinas sob, pelo menos, seis tipos de condições. Poços que não penetram nenhuma fratura (A) provavelmente serão secos. Poços que encontram algumas fraturas (B e C) podem produzir rapidamente até 20 litros por minuto até que repentinamente baixam os seus caudais, poços que interceptam várias fraturas (D) ou um grande número de fraturas interligadas (E) são susceptíveis de ter as maiores produções sustentadas. Poços que penetram apenas uma fratura grande (F) têm baixos rendimentos sustentados.

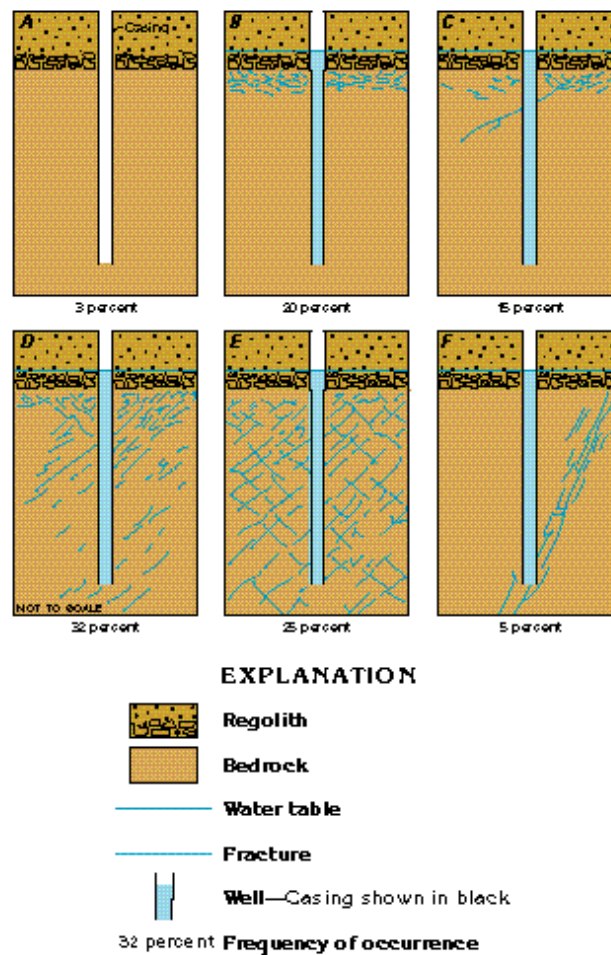


Figura 25- Modelo conceptual, Fonte: http://pubs.usgs.gov/ha/ha730/ch_1/L-text4.html (01/10/2014).

No nosso caso, e uma vez que sabemos da existência de duas grandes famílias de falhas, NE-SW e NW-SE, praticamente perpendiculares entre si o sistema é parecido com (E). Tendo em conta o que foi dito anteriormente é expectável que na realidade, uma exploração dos mananciais de água que possam advir de uma campanha de furos a realizar, possa ser uma realidade bastante possível.

5.2 Diagrama de Acção

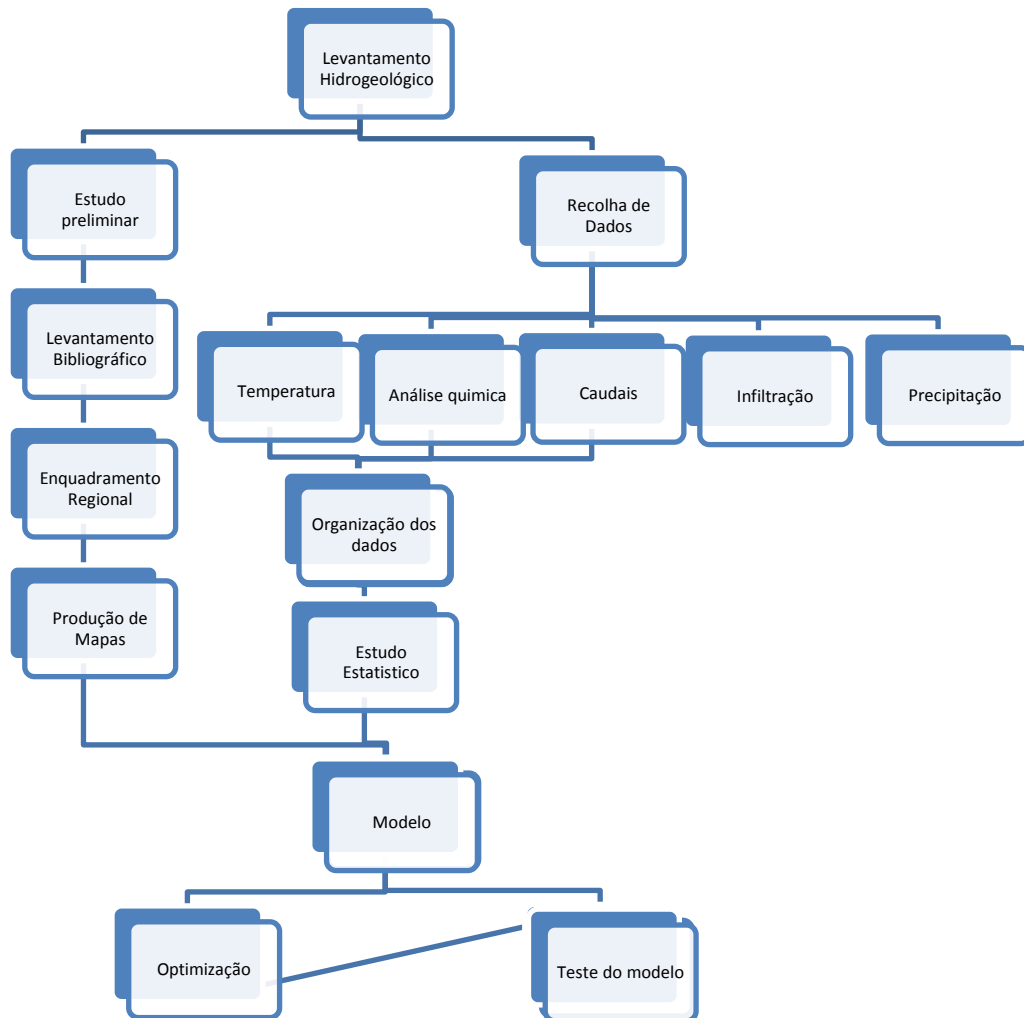


Figura 26- Diagrama metodológico

Pretende-se com este diagrama de acção transpor para uma forma visual os passos seguidos durante este estudo tentando desta forma tornar mais simples seguir esta metodologia. Podíamos ainda ter incluído a resistividade do solo como um dos dados a recolher bem como uma campanha de levantamento geológico que nos desse acesso a uma mais rigorosa e precisa localização das redes de fraturas existentes.

6 Capítulo – Conclusões

6.1 Considerações Gerais

Para além das conclusões intermédias realizadas ao longo do texto, procuram-se agora neste capítulo fazer uma reflexão a respeito do estudo efectuado de forma a obtermos as conclusões finais.

Quanto ao estudo preliminar levado a cabo, é importante realçar que a melhor forma de se iniciar este estudo é recorrer a estudos anteriormente realizados bem como tentar, quando possível, recolher o máximo de informação através das entidades públicas competentes.

No que diz respeito à recolha de dados, a sistematização e uniformidade são muito importantes, logo, é necessário ter alguma prudência e sentido crítico quanto aos dados utilizados sob pena de realizar um trabalho inquinado desde a sua génese.

Quando passamos à parte de tratamento de dados, a utilização de software ajuda bastante, no entanto, importa lembrar que estes também estão sujeitos a erros e anomalias, logo é mais uma vez necessário ter um espírito crítico afinado e não aceitar todo e qualquer resultado sem se proceder a uma cuidada análise dos mesmos.

Embora existam já várias metodologias empíricas para a execução de Levantamentos hidrológicas, a sistematização de procedimentos minimiza a margem de erro gerando uma maior confiança não só nos dados adquiridos, como também nas conclusões que deles advêm. Criando assim uma óptima ferramenta para a tomada de decisões com base em informação fiável que permitirão um uso mais eficiente e sustentável dos recursos hídricos existentes.

6.2 Perspectivas Futuras

Em trabalhos futuros será importante dedicar mais atenção aos aspectos ligados à Hidroquímica e Amostragem sistémica bem como á possibilidade de levar a cabo um serie de levantamentos das resistividades no solo. Para os propósitos desta dissertação não houve tempo suficiente para se realizar uma campanha de recolha de amostras mais sistemática de forma a garantir um número mais elevado de dados, nem disponibilidade para fazer as análises químicas necessárias para executar o devido estudo Hidroquímico e assim completar o desafio, levantado pelos proprietários da área de estudo, de investigar a viabilidade da implementação de uma captação de águas para fins comerciais.

Bibliografia

- Alcoforado, M. J.; Alegria, M., F.; Pereira, A., R. & Sirgado, C., (1993). Domínios bioclimáticos em Portugal definidos por comparação dos índices de Gaussen e Emberger. *Linha de Acção de Geografia Física*, 77 pp. Centro de Estudos Geográficos, Lisboa.
- Anon. (1978). *World water balance and water resources of the earth*. URSS. Commission for the International Hydrological Decade. Unesco.Paris
- Alençõ, A.M.P., (2004). Estimativa da recarga de aquíferos em maciços fracturados pela análise de recessão de caudais de base das emergências naturais (Vila Real, Norte de Portugal). *Recursos Hídricos, APRH*, Lisboa, 25, 3: 77-84.
- Alençõ, A.M. & Portugal Ferreira, M.A., (1997). Hidrogeologia em maciços graníticos e metamórficos (bacia hidrográfica do Rio Pinhão, NE de Portugal): parâmetros condicionantes e valores médios de recarga e descarga. In: J.G. Yélamos & F. Villaroya, Eds, *Hydrogeology of Hard Rocks, Some experiences from Iberian Peninsula and Bohemian Massif*, p.89-100. Madrid.
- Andrade, I. A. S. S. (2004) – “ Hidroquímica e Caracterização da Contaminação Hídrica nos corpos aluvionares do Mondego entre Coimbra e Montemor-o-Velho”.
- Belo-Pereira, M., E. Dutra, and P. Viterbo, (2011): 'Evaluation of global precipitation data sets over the Iberian Peninsula', J. Geophys. Res., 116, D20101, doi:10.1029/2010JD015481*
- Carvalho, J. M. & Chaminé, H. I. (2004). O papel da fracturação e da alteração profunda em estudos de prospecção hidrogeológica: os casos das regiões de Oliveira de Azemeis e de Fafe (Maciço Ibérico, NW de Portugal). *Geociências, Rev. Univ. Aveiro*, 16:13-31.
- Carvalho, J. M. (2006). Prospecção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas. Universidade de Aveiro. 292 pp.,1 mapa. (Tese de Doutoramento).
- Cortez, Coordenador, 2012. *Águas Minerais Naturais e de Nascente da Região Centro*, Edit. Mare Liberum, 526pp
- Daveau, S., Coord.,(1985). *Mapas climáticos de Portugal. Nevoeiro e Nebulosidade. Contrastes térmicos*. Memórias do Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, nº7, 84 pp.; 2 mapas.
- Danielopol, D.(1989), *Groundwater fauna associated with riverine aquifers*.J.N.Am. Benthol. Soc.,8 pp. 18-35.
- Elrick, D.E.; Reynolds, W.D. & Tan, K.A. (1989). Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analyses. *Groundwater Monit. Rev.*, 9: 184–193.
- Espinha Marques J. (2007). *Contribuição para o estudo hidrogeológico da Serra da Estrela*. Universidade do Porto. (Tese de Doutoramento)
- Espinha Marques J., Duarte J. M., Constantino A. T., Martins A. A., Aguiar C., Rocha F. T., Inácio M., Marques J. M., Chaminé H. I., Teixeira J., Samper J., Borges F. S., Carvalho J. M. (2007). *Vadose zone characterisation in a mountain hydrogeologic system: Serra da Estrela (Central Portugal) case study*. In: Gh. de Marsily & L. Chery (Eds.), *Aquífer*

Systems Management, Selected papers on Hydrogeology, IAH Special Publications. Taylor & Francis CRC Press.

- Ferreira D (1981) Carte géomorphologique du Portugal, Lisboa, Memórias do CEG, nº6, 53p
- FernandesA.J.(2003) "The Influence of cenozoic tectonics on the groundwater production capacity and vulnerability of fractured rocks: a case study in São Paulo, Brazil "in Krazny, Hrkal &Bruthans (eds) Groundwater in Fractured rocks 61-62 Prague, Czech Republic.
- Fetter, C. W. (1993). Contaminant hydrogeology. Macmillan Publishing Comp., New York, NY, USA
- Fetter, C. W. (2001). Applied hydrogeology. 4th edition, Prentice-Hall. 598 pp.
- Fetter, C.W., (1999). Contaminant Hydrogeology. Prentice-Hall, New Jersey, 500 pp.
- Gardner, W.R., (1958). Some steady state solutions of unsaturated moisture flow equations with application to evaporation from a water table. Soil Sci., 85:228-232.
- Hiscock K. (2005) – Hydrogeology, Principles and Practice, Blackwell Pub., 389p.
- HORTON, R.E. (1945). "Erosional development of streams their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology" in Bulletin of the Geological Society of America, Colorado, v. 56, pp. 275-370.
- INAG (1997), Definição, caracterização e cartografia dos sistemas aquíferos de Portugal continental, Instituto da Água, Relatório Final, 236pp.
- INAG (2001), Plano nacional da água – introdução, caracterização e diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos. Instituto da Água, Vol.1 E2.
- ISRM - International Society for Rock Mechanics (1978). Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. Journ. Rock Mech. Min. Sci. & Geomechanics. 15 (6): 319-368.
- ISRM- International Society for Rock Mechanics, (1981). Basic geotechnical description of rock masses. Int. Journ. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr., 18: 85-110.
- LEDITZKY, H.P., (1998). First Results of hydrochemical investigations. In: Projeto Karst - Progress Report Graz, Austria. Institut Joanneum Research, Suderhsa, Sanepar, UFPR, Comec, p.28-36.
- Lerner DN, Issar AS, Simmers I (1990) Groundwater recharge, a guide to understanding and estimating natural recharge. International Association of Hydrogeologists, Kenilworth, Rep 8, 345 pp
- Lerner DN, Issar AS, Simmers I (1990) Groundwater recharge: a guide to understanding and estimating natural recharge. International Contributions to Hydrogeology 8. Heise, Hannover

- LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil (1986) Introdução ao planeamento e gestão de recursos hídricos. 1 – Introdução à gestão dos recursos hídricos. Metodologias para a avaliação de políticas de recursos hídricos – MAPRH;
- Lencastre, A., & Franco, F. M. (1992). *Lições de Hidrologia*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- Lima, A.S., (1994). Hidrogeologia de regiões graníticas (Braga - NW de Portugal), 202 pp. Universidade do Minho, Braga. (Tese de Mestrado).
- Lima, A.S., (2001). Hidrogeologia de terrenos graníticos. Minho-Portugal, 451 pp. Universidade do Minho, Braga, (Tese de Doutoramento).
- Lopes, J.P., Marques da Silva, M.A. & Almeida, C., (1997). Produtividade de furos verticais em formações cristalinas da cidade do Porto. *Geociências*, 2, 1,2:109-120.
- Marques, J. M., (1999). Geoquímica dos fluidos e da interacção água-rocha: os casos das águas mineralizadas quentes e frias de Chaves, Vilarelho da Raia, Vidago e Pedras Salgadas, 276 pp. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. (Tese de Doutoramento).
- Molina, R. T.; Téllez, T. R.; Alcaraz, J. A. D. (1991). Aportación à la Bioclimatologia de Portugal. *Anales del Jardin Botánico de Madrid* 49 (2): 245-265 pp
- Oliveira, A., (1995). Hidrogeologia da região de Pedras Salgadas, 229 pp. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, (Provas de Aptidão Pedagógica e de Capacidade Científica).
- PEREIRA, E. (Coord.) (1989) – Carta Geológica de Portugal. Folha 1. Escala 1/200 000. Serv. Geol. Portugal.
- Pereira, M.R., (1999). Quantificação da recarga subterrânea em rochas fracturadas da bacia hidrográfica do Tua. In: Seminário Sobre Águas Subterrâneas. Laboratório Nacional de Engenharia Civil-LNEC, Lisboa.
- Rivaz-Martinez, S. (1996) - *GeoBotánica y Climatología. Discurso de investidura "honoris causa"*, Universidade de Granada, Granada, 98 p.
- Ribeiro, L. (2009). *Recarga, Métodos e Conceitos - Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Radcliffe, D. E. & Rasmussen, T. C., (2002). Soil water movement. In: A. W. Warrick, Ed., *Soil physics companion*. CRC Press, Boca Raton, p. 85-126.
- Reynolds, W.D.; Elrick, D.E. & Topp, G.C., (1983). A reexamination of the constant head well permeameter method for measuring saturated hydraulic conductivity above the water table. *Soil Sci.*, 136: 250-268.
- Reynolds, W. D., (1993). Saturated hydraulic conductivity: field measurement. In: M. R. Carter, Ed., *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Lewis Publ., Boca Raton, p. 599-613.
- Reynolds, W.D. & Elrick, D.E., (1986). A method for simultaneous in situ measurement in the vadose zone of field-saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the conductivity–pressure head relationship. *Ground Water Monitoring Review*, Winter. p.84–95.

- Reynolds, W.D. & Elrick, D.E., (1987). A laboratory and numerical assessment of the Guelph permeameter method. *Soil Sci.*, 144:282–299.
- Reynolds, W.D. & Elrick, D.E., (2002). Constant head well permeameter (vadose zone). In: J. H. Dane & G. Clarke Topp, Eds, *Methods of soil analysis, part 4, physical methods*, p. 844-858. Soil Science Society of America, Inc., Wisconsin.
- Schuurman N. (2001). *GIS: a short introduction*. Blackwell Publishing. 169 pp.
- Soilmoisture, (2005). *Model 2800K1 Guelph permeameter operating instructions*. Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, 51 pp.
- SSDS [Soil Survey Division Staff], (1993). Examination and description of soils. In: *Soil Survey Manual (new edition)*. Agricultural Handbook No. 18, Chapter 3. Soil Conservation Service, Washington DC.
- STRAHLER, A.N. (1952). "Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology". *Trans. Amer. Geophys. Union*, v. 38, pp. 913-920.
- STRAHLER, A. N. "Dimensional analysis applied to fluvial eroded landforms". *Geological Society of America Bulletin*, v.69, p.279-300, 1958.
- Thornthwaite CW (1948) An approach towards a rational classification of climate. *Geogr Rev* 38:55–94
- Thornthwaite, C.W. & Mather, J.R., (1953). *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. Publications in Climatology, Vol. X, n^o3, Drexel Institute of Technology.

Sites

<http://e-geo.ineti.pt;>(27/03/2014).

http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lexico.aspx?Termo=Diagrama%20de%20Stiff;(07/04/2014).

[http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx;](http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lista_termos.aspx) (07/04/2014).

[http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm;](http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)
(07/04/2014).

<http://www.georoteiros.pt;> (11/04/2014).

[http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp;](http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp) (25/04/2014).

<Http://www.google-earth.com;> (27/05/2014).

Outras Fontes

Carta militar de Portugal na escala 1/ 25 000, dos serviços Cartográficos do Exército folhas:

- 72 (Cabeceiras de Basto);
- 86 (Mondim de basto);
- 87 (Vilar de Ferreiros);
- 99 (Felgueiras);
- 100 (Pradança- Mondim de Basto);

Carta geológica de Portugal na escala 1/50 000 folhas:

- 10-A (Celorico de Basto);
- 6-C (Cabeceiras de Basto);
- 9-B (Guimarães);

Anexos

A - Inventário dos Pontos de Amostragem



Figura 27- Localização dos pontos de amostragem.

Todos os pontos de água inventariados estão dentro dos limites da propriedade. Por essa razão todos estão contidos na folha 86 Mondim de Basto da carta militar á escala 1/25 000. Existe também uma consonância entre todos os pontos no que diz respeito á litologia que os suporta. É também apresentada uma representação, no tempo, dos Caudais medidos em cada ponto. Excepção feita aos pontos que foram eliminados do tratamento estatístico por não reunirem o número necessário de valores.


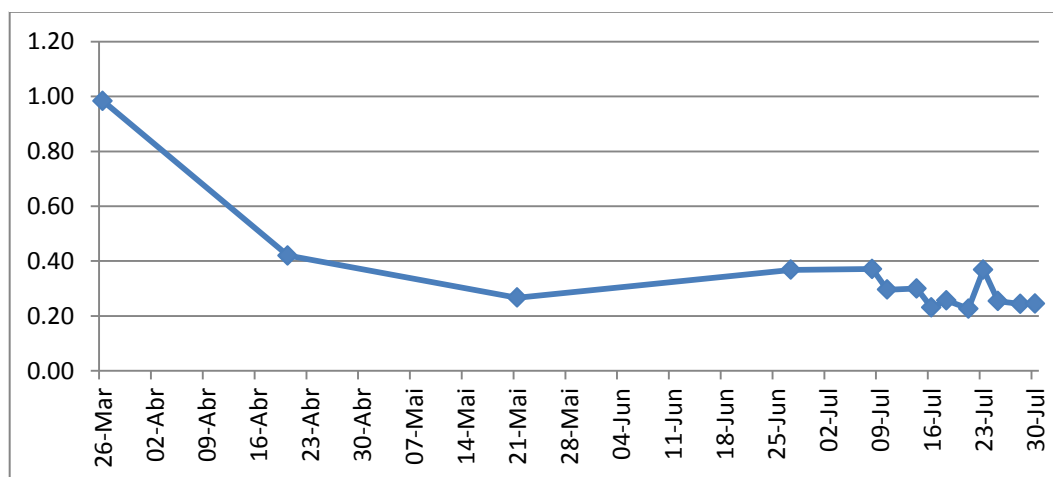


Ponto de água: Entubada 1-ET1			
Tipo: Entubada			
Orientação: Não Tem.			
Coordenadas: W 41°26'384' W0 08°00'625'			
Observações: Tomada no tubo junto ao tanque que circula com a direcção N45°E			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)
112,5	6,912	20,3	7,81


Gráfico 5- Evolução temporal dos Caudais em ET1 (m/s).



Ponto de água: <p style="text-align: center;">Entubada 2-ET2</p>			
Tipo: Entubada			
Orientação: Não Tem.			
Coordenadas: W 41°26'384' W0 08°00'625'			
Observações: Residual a partir de 21-6-2014			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)

Ponto de água: Rio 1-R1			
Tipo: Rio			
Orientação: Não Tem.			
Coordenadas: W 41°26'318' W0 08°00'735'			
Observações: Linha de água a céu aberto, encaixado em vala com orientação N20°E			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)
76,8	6,868	16,6	7,91

Ponto de água: <p style="text-align: center;">Nascente-N1</p>			
Tipo: Nascente			
Orientação: Não Tem.			
Coordenadas: W 41°26'384' W0 08°00'625'			
Observações: Brota água do chão Seco a partir de 21-6-2014			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)

Ponto de água: Rio 2-R2			
Tipo: Rio			
Orientação: 117° SE			
Coordenadas: W 41°26'299' W0 08°00'624'			
Observações: Colheita no limite do ribeiro, em tramo com direcção E-W			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)
43,8	7,15	17	8,73


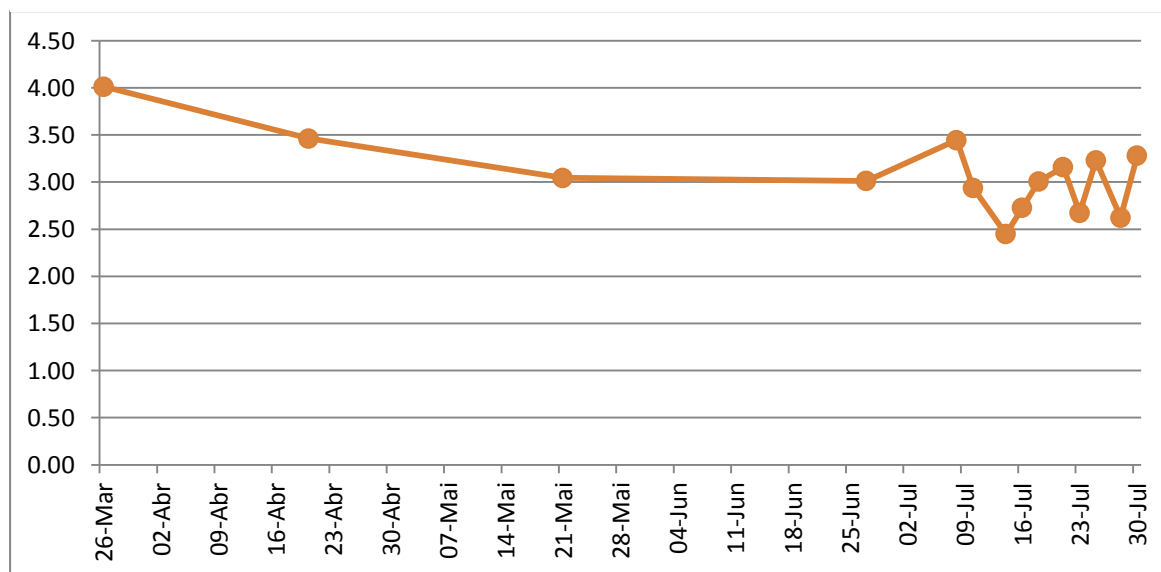
Ponto de água: Lago 1-L1			
Tipo: Entubada			
Orientação: Não Tem.			
Coordenadas: W 41°26'311' W0 08°00'623'			
Observações: Tubo de alimentação do lago, tomada de amostras em água corrente do tubo com orientação N50°S			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)
46,5	6,14	16,8	7,58

Gráfico 6- Evolução temporal dos Caudais em L1 (m/s).




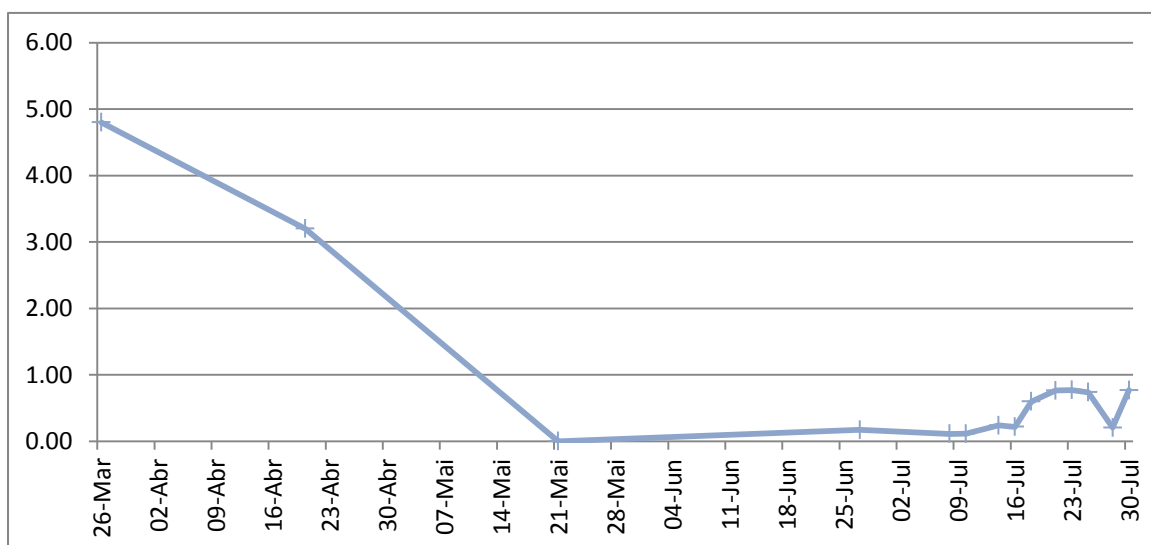
Ponto de água: Dreno 1-D1			
Tipo: Dreno			
Orientação: Não Tem.			
Coordenadas: W 41°26'313' W0 08°00'612'			
Observações: Águas paradas tomadas dentro do lago			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)
51	6,58	20,9	7,7

Gráfico 7- Evolução temporal dos Caudais em D1 (m/s).




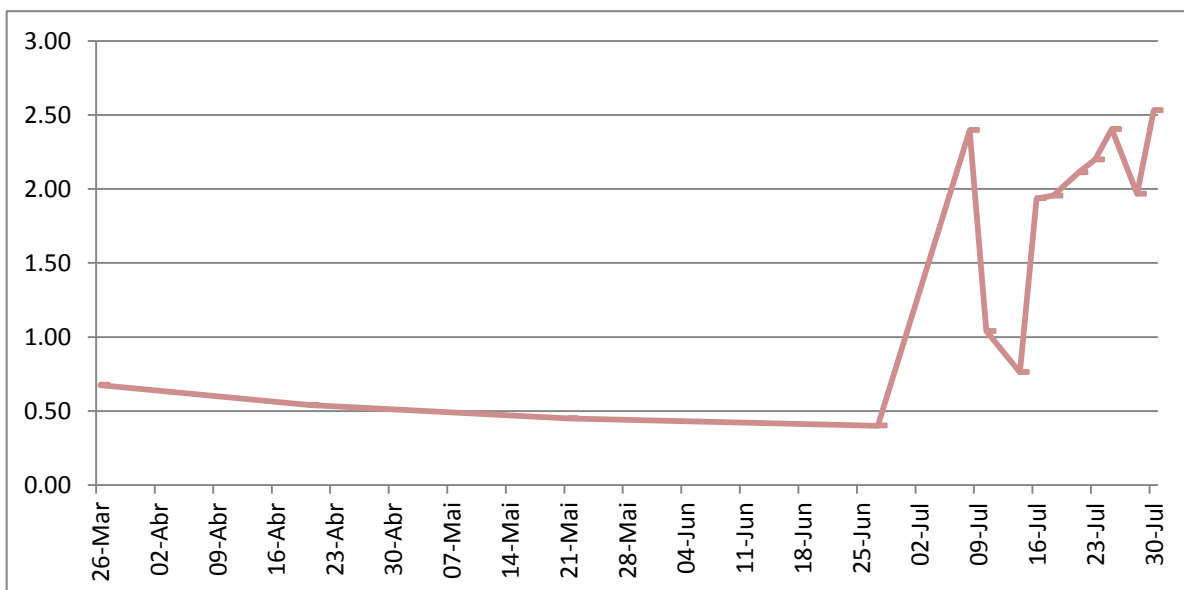
Ponto de água: Dreno 2-D2			
Tipo: Dreno			
Orientação: 132° SE			
Coordenadas: W 41°26'304' WO 08°00'600'			
Observações: Lado sul do lago			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)
49,7	6,7	18,6	7,5

Gráfico 8- Evolução temporal dos Caudais em D2 (m/s).




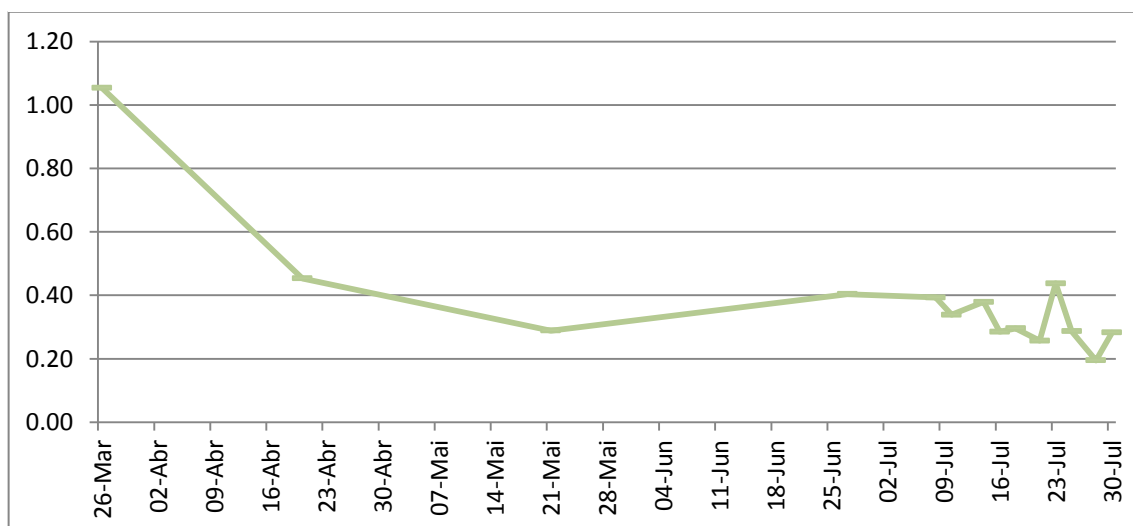

Ponto de água:			
Entubada 3-E3			
Tipo: Entubada			
Orientação: Não Tem.			
coordenadas: W 41°26'364' W0 08°00'572'			
Observações: Tubo vertical sem direcção definida			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)
111,5	7,239	21,7	7,61

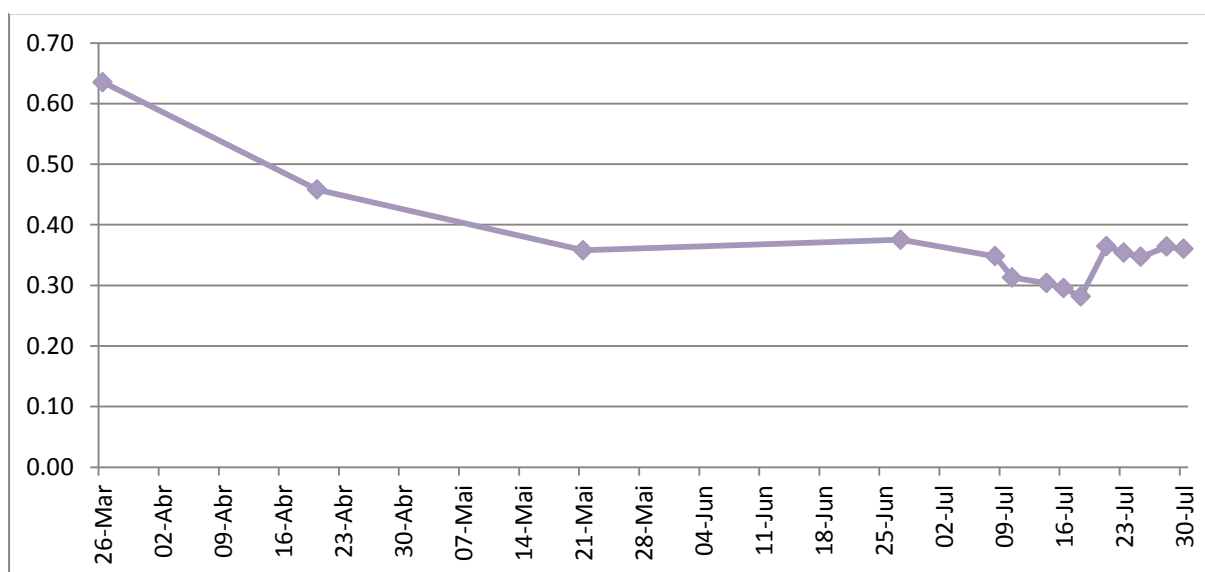
Gráfico 6- Evolução temporal dos Caudais em E3 (m/s).



Ponto de água: Tanque 1 –T1	
Tipo: Tanque	
Orientação: 186° S	
Coordenadas: W 41°26'368' W0 08°00'533'	
Observações: Amostra tomada directamente do tanque	

Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)
101,4	7,124	20,5	7,65

Gráfico 7- Evolução temporal dos Caudais em T1 (m/s).




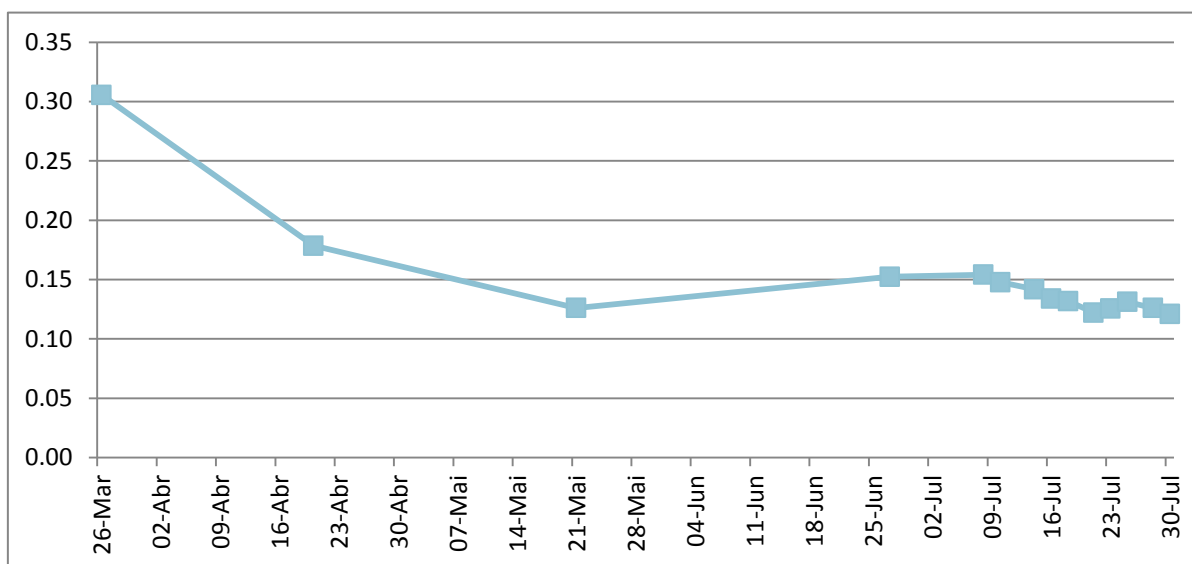
Ponto de água: Tanque escadas 1			
Tipo: Tanque			
Orientação: 138° SE			
Coordenadas: W 41°26'39' W0 08°00'533'			
Observações:			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)
110,1	5,88	17,2	8,16

Gráfico 8- Evolução temporal dos Caudais em TE1 (m/s).




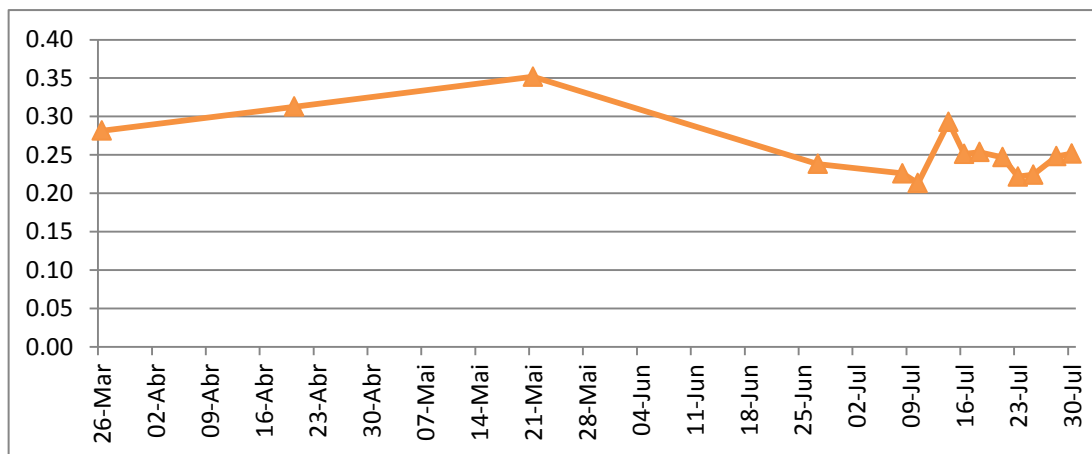
Ponto de água: Tanque escadas 2- TE2			
Tipo: Tanque			
Orientação: 78° E			
Coordenadas: W 41°26'39' W0 08°00'533'			
Observações: Proveniente dos campos superiores.			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)
94,7	6,37	19,3	7,39

Gráfico 9- Evolução temporal dos Caudais em TE2 (m/s).




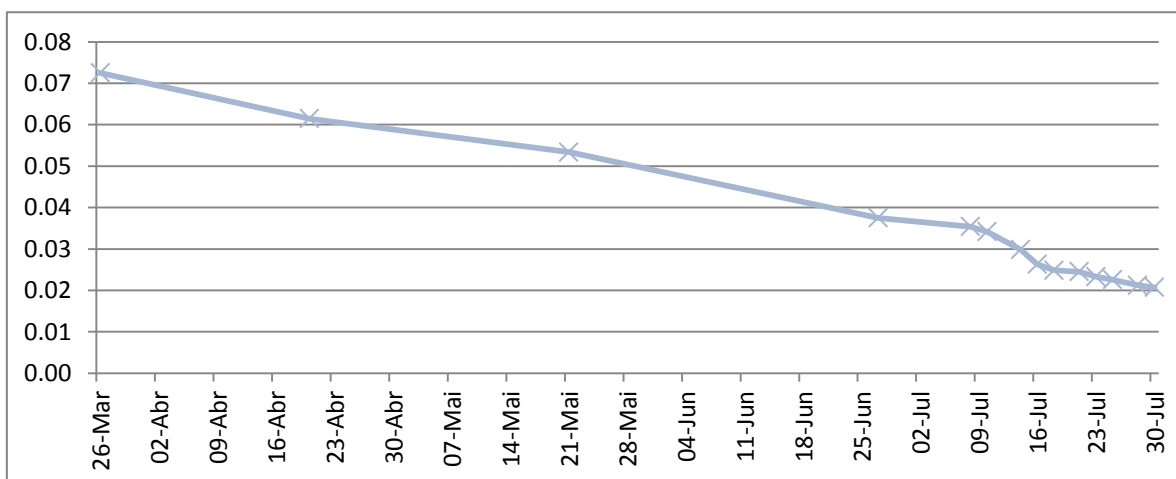
Ponto de água: Tanque escadas 3- TE3			
Tipo: Tanque			
Orientação: 48° NE			
Coordenadas: W 41°26'397' W0 08°00'533'			
Observações: Com direcção aproximado de N40°E			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)
90,5	7,21	16,5	7,32

Gráfico 10- Evolução temporal dos Caudais em TE3 (m/s).




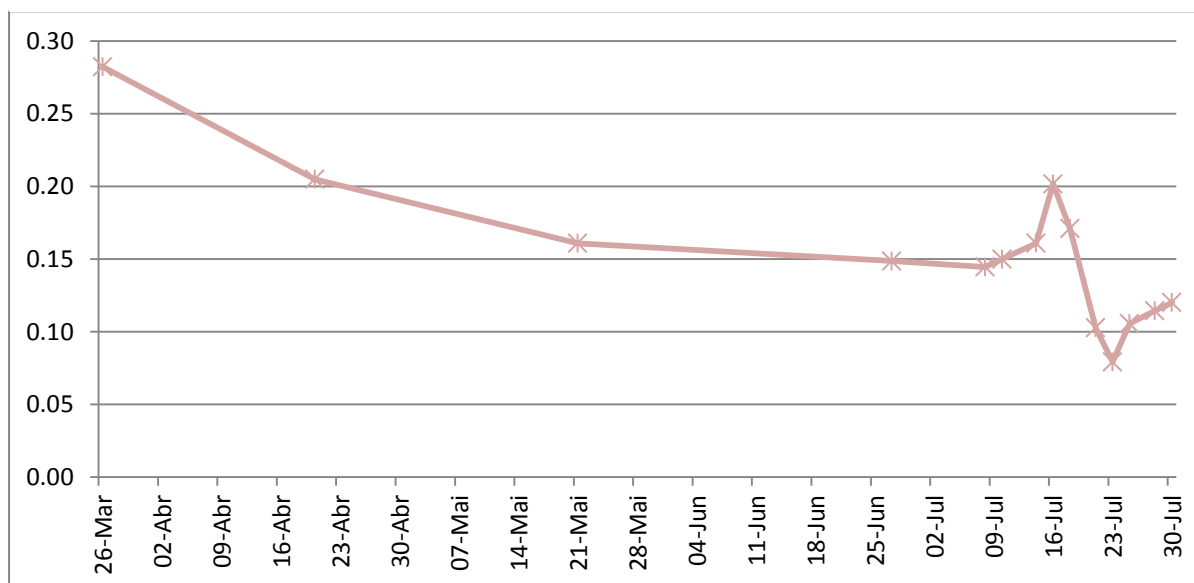
Ponto de água: Tanque entubado 1- TE4			
Tipo: Tanque			
Orientação: Não Tem.			
Coordenadas: W 41°26'337' W0 08°00'536'			
Observações: Na curva da estrada em tanque encaixado num vale de direcção aproximadamente W-E			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)
119,9	6,05	17,8	7,6

Gráfico 11- Evolução temporal dos Caudais em TE4 (m/s).




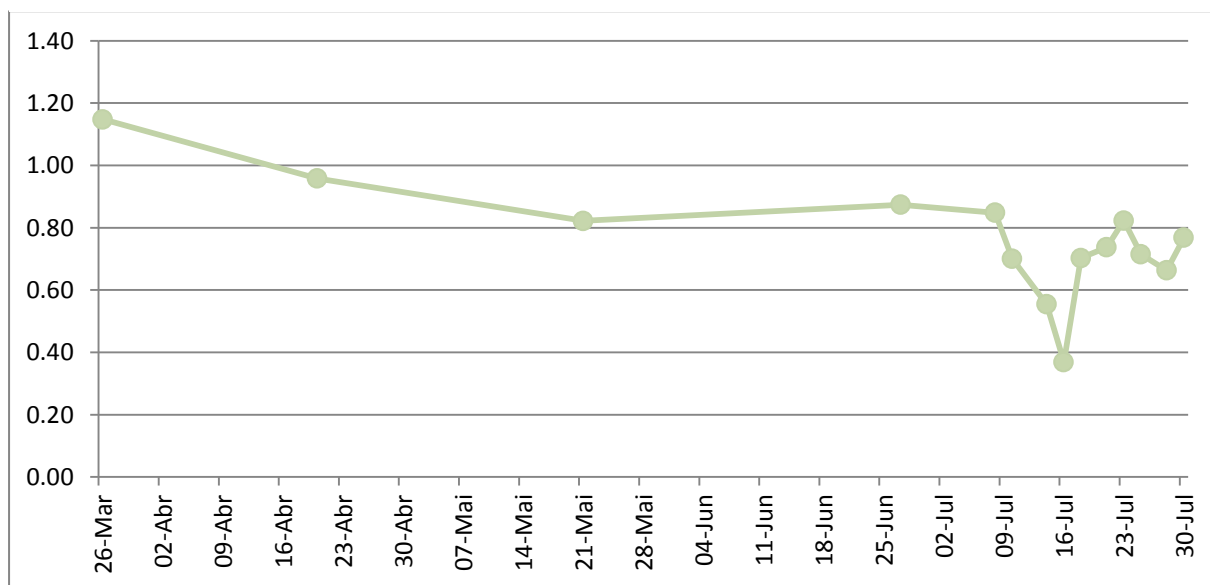
Ponto de água: Tanque entubado 2- TE5			
Tipo: Tanque			
Orientação: Não Tem.			
Coordenadas: W 41°26'337' W0 08°00'536'			
Observações: Na curva da estrada em tanque encaixado num vale de direcção aproximadamente W-E			
Parâmetros Físico-Químicos da Água (22/7/2014)			
Cond. Eléctrica (µs/cm)	pH	Temp. (°C)	Oxigénio dissolvido (mg/l)
107,1	7,115	22	7,64

Gráfico 12- Evolução temporal dos Caudais em TE5 (m/s).



B – Dados recolhidos

Tabela 28- Valores Recolhidos (Caudais).

	26- Mar	20- Abr	21- Mai	27- Jun	08- Jul	10- Jul	14- Jul	16- Jul	18- Jul	21- Jul	23- Jul	25- Jul	28- Jul	30- Jul
1	0,98	0,42	0,27	0,37	0,37	0,30	0,30	0,23	0,26	0,23	0,37	0,25	0,24	0,24
2	0,20	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3,33	0,17	0,09	0,41	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	2,86	1,46	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	1,68	3,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	4,01	3,46	3,04	3,01	3,44	2,94	2,45	2,73	3,01	3,16	2,67	3,23	2,62	3,28
7	4,80	3,20	0,00	0,17	0,11	0,11	0,24	0,22	0,60	0,76	0,77	0,74	0,20	0,77
8	0,68	0,54	0,45	0,40	2,40	1,04	0,76	1,94	1,95	2,11	2,20	2,40	1,97	2,53
9	1,05	0,45	0,29	0,40	0,39	0,34	0,38	0,29	0,30	0,26	0,44	0,29	0,19	0,28
10	0,64	0,46	0,36	0,38	0,35	0,31	0,30	0,30	0,28	0,36	0,35	0,35	0,36	0,36
11	0,31	0,18	0,13	0,15	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,13	0,13	0,13	0,12
12	0,28	0,31	0,35	0,24	0,23	0,21	0,29	0,25	0,25	0,25	0,22	0,22	0,25	0,25
13	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
14	0,28	0,20	0,16	0,15	0,14	0,15	0,16	0,20	0,17	0,10	0,08	0,11	0,11	0,12
15	1,15	0,96	0,82	0,87	0,85	0,70	0,55	0,37	0,70	0,74	0,82	0,71	0,66	0,77

Tabela 29- Valores dos diferentes parâmetros Medidos.

	pH	Temp	O ₂	μ
Entubada 1 -ET1	6,91	20,30	7,81	112,50
Lago 1 -L1	6,14	16,80	7,58	46,50
Dreno 1 -D1	6,58	20,90	7,70	51,00
Dreno 2 -D2	6,70	18,60	7,50	49,70
Entubada 3 -E3	7,24	21,70	7,61	111,50
Tanque 1 -T1	7,12	20,50	7,65	101,40
Tanque escadas 1 -TE1	5,88	17,20	8,16	110,10
Tanque escadas 2 -TE2	6,37	19,30	7,39	94,70
Tanque escadas 3 -TE3	7,21	16,50	7,32	90,50
Tanque entubado 1 -TE4	6,05	17,80	7,60	119,90
Tanque entubado 2 -TE5	7,12	22,00	7,64	107,10

C - Mapas

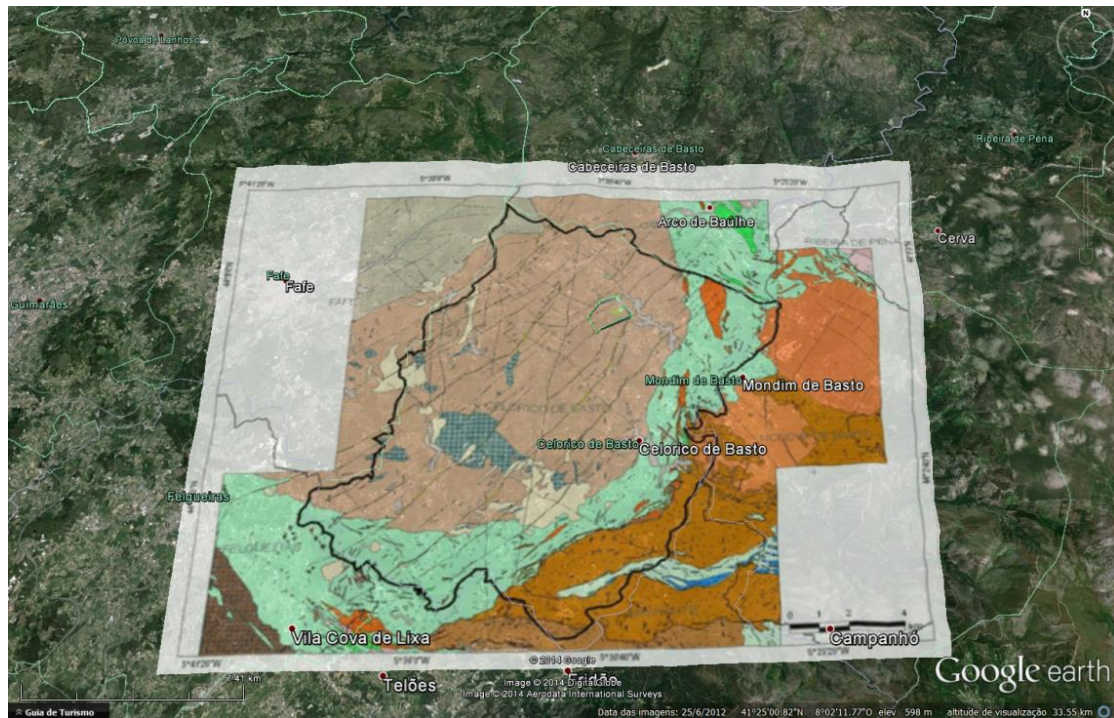


Figura 28- Mapa com o Enquadramento Geológico.

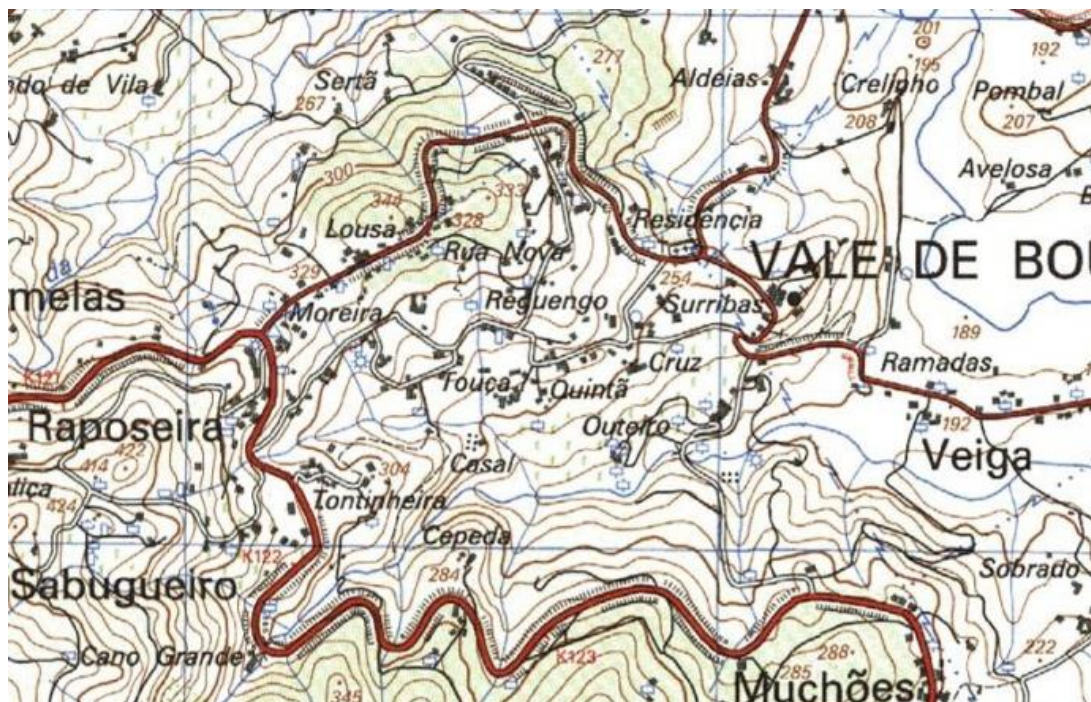


Figura 29- Recorte da Carta militar 10-A Celorico de Basto.