



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

Hidrogeologia de Maciços Carbonatados: o caso de estudo de pedra calcária em Maceira, Leiria

Inês Gomes Freitas

Mestrado em Geociências

setembro, 2017





UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

Hidrogeologia de Maciços Carbonatados: o caso de estudo de pedra calcária em Maceira, Leiria

Inês Gomes Freitas

Mestrado em Geociências
Área de especialização em Recursos Geológicos

Orientadores científicos

Prof. Doutor José Manuel Martins de Azevedo
DCT, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra

Engenheira Ana Sofia Travessa Alberto
CMP- Cimentos Maceira e Pataias (SECIL)

Coimbra, setembro, 2017

Agradecimentos

Este último ano, que resultou no desenvolvimento da presente dissertação de Mestrado, é o resultado do apoio e colaboração de diferentes pessoas e entidades, a quem dirijo os meus sinceros agradecimentos:

Ao Professor Doutor José Manuel Azevedo, orientador desta dissertação, um especial agradecimento, pela amizade, paciência, ensinamentos, disponibilidade e dedicação ao longo deste trabalho, sem o qual não seria possível o seu término.

Ao Grupo SECIL, mais especificamente à Fábrica de Cimentos Maceira e Pataias (CMP), na pessoa da Engenheira Ana Alberto, pela disponibilidade demonstrada, pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos ao longo de todo o estágio curricular.

Ao Sr. Emílio por toda a disponibilidade demonstrada ao longo dos trabalhos de campo e por todas as instruções transmitidas.

À Professora Ana Maria Aguiar Castilho Ramos Lopes, por toda a receptividade demonstrada.

Ao Departamento de Ciências da Terra, na pessoa do Professor Doutor Alexandre Tavares pela dedicação aos alunos de mestrado, nomeadamente através dos protocolos realizados entre o Departamento de Ciências da Terra (DCT) e as mais diversas entidades.

À Rita Simões e ao José Costa pelos anos de amizade, companheirismo, pelas dicas, troca de ideias e por todas as conversas durante o percurso académico e nas caminhadas realizadas.

À Magda Freitas e à Beatriz Freitas, pela amizade, carinho, paciência e apoio demonstrado nos momentos menos bons, porque no final “Uma Freitas é sempre uma Freitas”.

À Anabela Araújo e à Márcia Monteiro, pela amizade, pelas conversas e por toda a força transmitida durante este percurso académico.

À Ana Patrícia Lopes, pela amizade, pelo carinho, paciência e habilidades mecânicas adquiridas durante estes anos por Coimbra.

A todos os colegas de faculdade que foram fundamentais para que a passagem por Coimbra fosse inesquecível.

Aos meus pais, pelas oportunidades que me deram, por me fazerem acreditar que tudo é possível, pelo incentivo e apoio incondicional.

Resumo

Na presente dissertação apresenta-se um estudo hidrogeológico que tem como principal objetivo a determinação de volumes hídricos armazenados em formações carbonatadas e a estimativa de caudais de bombagem necessários para prolongar a exploração contínua de fundo de pedraira a cotas inferiores ao atual nível freático local. Recorreu-se aos conceitos e cálculos da reserva reguladora e de reserva permanente de uma unidade aquífera.

O domínio em estudo – setor N da pedraira “Martingança-Maceira” - tem uma área de aproximadamente 111 ha e localiza-se na bacia hidrográfica do Rio Lis, mais especificamente na sub-bacia do Rio Lena, tendo com principal linha de água um afluente da margem direita da ribeira de Maceira.

Ao nível geológico, insere-se na Orla Mesocenozóica Ocidental em domínios da Bacia Lusitânica, mais especificamente no flanco NW do Anticlinal Diapírico de Maceira.

Na pedraira “Martingança-Maceira” são explorados calcários das unidades do Jurássico médio, nomeadamente do Caloviano, Bajociano e Batoniano. A estratificação apresenta uma direção que varia entre os 70°- 85°E e um pendor geral próximo dos 70°NW. O diaclasamento principal apresenta direções variáveis entre 20°- 45°W e um pendor 65°SW a vertical.

A nível hidrogeológico a pedraira “Martingança-Maceira” situa-se na Unidade da Orla Ocidental e mais concretamente no Sistema Aquífero de Maceira (O18).

Na área em estudo a recarga aquífera advém, na sua maioria, da precipitação atmosférica e da infiltração associada. Admite-se ainda a recarga a partir de circulação subterrânea ascendente e lateral. Foram definidos dois volumes hídricos subterrâneos armazenados no domínio em estudo: (1) volume regulador (995 603 m³), de natureza sazonal e diretamente relacionado com a recarga aquífera anual e (2) volume permanente (4 756 768 m³), diretamente dependente da porosidade efetiva do meio aquífero. No cálculo foram utilizados os seguintes valores: nível piezométrico máximo, de 127 m, nível piezométrico mínimo, de 118 m; cota final admitida para a exploração de 80 m; porosidade efetiva média de 10%.

No domínio em estudo a descarga aquífera ocorre por processos naturais e não-naturais, destacando-se no primeiro tipo os processos de evaporação e evapotranspiração, circulação lateral e de fundo para unidades aquíferas adjacentes, e, no segundo tipo, a extração de água por sistema de bombagem.

Palavras chave: Maciços carbonatados; Hidrogeologia; Reserva (volume) reguladora; Reserva permanente; Pedreira “Martingança-Maceira

Abstract

In this dissertation presents a hydrogeological study that has as main objective the determination of water volumes stored in carbonated formations and the estimation of pumping flow needed to extend the continuous exploitation of the quarry dimensions below the current level local water table. Resorted to the concepts and calculations of the regulatory reserve and permanent reserve a unit aquifer.

The area under study – sector N the "Martingança-Maceira" quarry-has an area of approximately 111 ha and is in the catchment area of the Lis river, more specifically in the Sub-basin of the Lena River, having main water line with a tributary of the right bank of the riverside of Maceira.

The geological level, on the Western Mesocenozoic in Lusitanian basin areas, more specifically in the NW flank of the Maceira Anticline Diapir.

In the "Martingança-Maceira" quarry are explored limestones of the Middle Jurassic units, namely Callovian, Bajocian and Bathonian. Laminate offers a direction that varies between 70°-85°E and a general inclination close to 70°NW. The main diaclasing features variable directions between 20°- 45° W and an inclination from 65°SW to vertical.

The geological level the "Martingança-Maceira" quarry lies on the West Bank Unit and more specifically in the aquifer System of Maceira (O18).

In the area under study the aquifer recharge comes, in your most, atmospheric precipitation and associated infiltration. It is still recharging from underground movement up and down. You have defined two groundwater volumes stored in the field under study: (1) volume control (995 603 m³), seasonal in nature and directly related to the aquifer recharge annual, and (2) permanent volume (4 756 768 m³), directly dependent on the effective porosity of the Middle aquifer. In the calculation were used the following values: maximum piezometric level of 127 m, piezometric level of 118 m; final quota for the operation of permitted 80 m; average 10% effective porosity.

In the field under study the aquifer discharge occurs by natural and non-natural processes, especially in the first type the processes of evaporation and evapotranspiration, lateral and bottom circulation for adjacent aquifer units, and in the second type, the extraction of water for pumping system.

Key words: Carbonated masses; Hydrogeology; Regulatory reserve (volume); Permanent reserve; "Martingança-Maceira" Quarry

Índice

1.	Introdução.....	1
1.1.	Importância da Água e da Hidrogeologia.....	1
1.2.	Enquadramento do tema em estudo.....	1
1.3.	A área em estudo	3
1.4.	Objetivos	3
2.	Metodologias	5
2.1.	Recolha e pesquisa de bibliografias	6
2.2.	Preparação, reconhecimento e determinações de campo	6
2.3.	Breve revisão teórica e Análise e tratamento de dados	8
3.	Enquadramento regional.....	16
3.1.	Enquadramento geográfico e administrativo.....	16
3.2.	Enquadramento Climatológico.....	17
3.2.1.	Precipitação atmosférica.....	17
3.2.2.	Temperatura	19
3.2.3.	Humidade relativa do ar.....	19
3.2.4.	Evapotranspiração real (ETR).....	20
3.2.5.	Superavit hídrico.....	21
3.2.6.	Escoamento superficial.....	22
3.2.7.	Infiltração	24
3.3.	Hidrográfico	25
3.4.	Geológico	28
3.5.	Hidrogeológico.....	35
4.	Caracterização física local.....	36
4.1.	Topografia	36
4.2.	Hidrografia.....	37

4.3.	Hidrológico - Balanço hídrico	38
4.4.	Geologia	41
4.5.	Caracterização tectónico-estrutural	47
5.	Hidrogeologia local	51
5.1.	Características hidrogeológicas Sistema aquífero de Maceira	51
5.2.	Hidrogeologia e Hidrogeoquímica do domínio ou local	52
5.2.1.	Pontos e linhas de água	53
5.3.	Hidrogeoquímica	55
5.4.	Piezometria e fluxo hídrico subterrâneo.....	56
5.5.	Recarga e descarga aquíferas.....	60
5.6.	Caudais bombados e rebaixamentos associados	64
6.	Conclusões e recomendações.....	71
6.1.	Conclusão	71
6.2.	Recomendações.....	71
	Referências Bibliográficas	75

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1- FLUXOGRAMA DAS ETAPAS CONDUCENTES À PRESENTE DISSERTAÇÃO.....	5
FIGURA 2- FOTOGRAFIA AÉREA DA FÁBRICA DE CIMENTOS MACEIRA E PATAIAS (CEDIDAS PELA CMP) COM DELIMITAÇÃO DA ÁREA DA PEDREIRA DE CALCÁRIO E DA PEDREIRA DE MARGAS, COM APROXIMAÇÃO DO MAPA DE SETORES DA PEDREIRA DE CALCÁRIO ESTABELECIDO PELA CMP.	7
FIGURA 3- FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DE UM ESTUDO HIDROGEOLÓGICO E: ELABORAÇÃO DO MODELO CONCEPTUAL (ADAPTADO DE CARVALHO, 2016 , CITADO EM CARVALHO, 2016).....	8
FIGURA 4- ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DA ÁREA EM ESTUDO NO CONTEXTO NACIONAL (NUT I), NA REGIÃO CENTRO (NUT II) E NO PINHAL LITORAL (NUT III). DISTRIBUIÇÃO DAS FREGUESIAS DO CONCELHO, NOMEADAMENTE A FREGUESIA DE MACEIRA (ADAPTADO DA CÂMARA MUNICIPAL DE LEIRIA, 2017).....	16
FIGURA 5- MAPA DA PRECIPITAÇÃO ATMOSFÉRICA ANUAL PARA O CONCELHO DE LEIRIA (ELABORADA EM ARCGIS 10.2 A PARTIR DE SINIAMB, 2017).	17
FIGURA 6- PRECIPITAÇÃO ATMOSFÉRICA MÉDIA ACUMULADA PARA O PERÍODO DE 1971-2000 NA REGIÃO DE LEIRIA: A) PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MÉDIA MENSAL ANUAL; B) PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MÉDIA ANUAL (PORTAL DO CLIMA, 2016).	18
FIGURA 7- MAPA DA TEMPERATURA ATMOSFÉRICA ANUAL PARA O CONCELHO DE LEIRIA (ELABORADA EM ARCGIS 10.2 A PARTIR DE SINIAMB, 2017).....	19
FIGURA 8- MAPA DA HUMIDADE RELATIVA DO AR PARA O CONCELHO DE LEIRIA (ELABORADA EM ARCGIS 10.2 A PARTIR DE SINIAMB, 2017).....	20
FIGURA 9- MAPA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL PARA O CONCELHO DE LEIRIA (ELABORADA EM ARCGIS 10.2 A PARTIR DE SINIAMB, 2017).....	21
FIGURA 10- MAPA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA O CONCELHO DE LEIRIA (ELABORADA EM ARCGIS 10.2 A PARTIR DE SINIAMB, 2017).....	22
FIGURA 11- ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIS, ELABORADO EM ARCGIS 10.2 (SINIAMB, 2017).	25
FIGURA 12- MAPA REPRESENTATIVO DAS SUB-BACIAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LIS (VIEIRA, 2007).....	27
FIGURA 13- ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DA BACIA LUSITÂNICA E PRINCIPAIS FORMAÇÕES ROCHOSAS (SILVA, ET AL., 2013).	28
FIGURA 14- EXTRATO CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL, ESCALA 1:50000, FOLHA 22-D MARINHA GRANDE DOS SERVIÇOS GEOLÓGICOS PORTUGUESES (ELABORADA EM ARCGIS 10.2.).....	34
FIGURA 15- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS EM PORTUGAL CONTINENTAL E INDIVIDUALIZAÇÃO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS DA UNIDADE DA ORLA OCIDENTAL (SNIRH).	35
FIGURA 16- MODELO DIGITAL DO TERRENO (MDT) DA ÁREA EM ESTUDO (CRIADO NO SOFTWARE ARCGIS) (CMP, 2017).	36

FIGURA 17- FRAGMENTO DA CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL. ESCALA 1:50.000, FOLHA 22-D MARINHA GRANDE (SERVIÇOS GEOLÓGICOS PORTUGUESES, 1964) REPRESENTANDO A GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA.....	41
FIGURA 18- ESBOÇOS ILUSTRATIVOS DA GEOLOGIA DO DOMÍNIO ESTUDADO COM DIREÇÃO SSE-NNW (EM RELATÓRIO DA VISA CONSULTORES, 2005).....	42
FIGURA 19- CARTA E CORTE (DIREÇÃO N-S) REPRESENTATIVOS DA GEOLOGIA DA ZONA EM ESTUDO (EM AMBI22- ESTUDOS E PROJECTOS EM AMBIENTE, 2005).....	43
FIGURA 20- IMAGENS DA ZONA ESTUDADA COM REPRESENTAÇÃO DOS DIFERENTES ANDARES DO JURÁSSICO MÉDIO: A- BAJOCIANO SETOR E; B- BATONIANO SETOR D; C- BATONIANO SETOR C; D- BAJOCIANO SETOR E (VER LOCALIZAÇÃO DOS SETORES NA FIGURA 2).	46
FIGURA 21- CORTE GEOLÓGICO DO ANTICLINAL DE MACEIRA E DO SINCLINAL DE ALPEDRIZ-PORTO CARRO (VISA CONSULTORES, 2005).....	47
FIGURA 22- FOTOGRAFIA AÉREA DA PEDREIRA "MARTINGANÇA-MACEIRA" COM MARCAÇÃO DO PLANO DE ESTRATIFICAÇÃO E DOS PLANOS DE FALHA OBSERVADAS DURANTE O TRABALHO DE CAMPO.	49
FIGURA 23- TALUDES EM ESTUDO COM REPRESENTAÇÃO DE FALHAS NA PEDREIRA, PLANO DE ESTRATIFICAÇÃO E PRINCIPAL FAMÍLIA DE DIACLASES. A: CAIXA DE FALHA SEM MATERIAL DE PREENCHIMENTO COM ORIENTAÇÃO N20°E; 74°SE; B: CAIXA DE FALHA PREENCHIDA COM MATERIAL DETRÍTICO; C: ESTRIAS DE MOVIMENTAÇÃO; D: ESTRIAS DE MOVIMENTAÇÃO COM CRISTALIZAÇÃO DE CALCITE, E: CARSIFICAÇÃO E PALEORELVO NO PISO SUPERIOR DO SETOR E; F: RECRISTALIZAÇÃO DE CALCITE E PRESENÇA DE ÓXIDOS DE FERRO NAS FRENTES DE DESMONTE NO SETOR C.....	50
FIGURA 24- ENQUADRAMENTO DO SISTEMA AQUÍFERO DE MACEIRA (O18) NO CONJUNTO DE SISTEMAS AQUÍFEROS DA ORLA OCIDENTAL NA REGIÃO DE LEIRIA (ADAPTADO DE SNIAMB, 2010 E ALMEIDA, ET AL., 2000).	51
FIGURA 25- INVENTÁRIO DE FUIROS NAS ENVOLVENTES DA ZONA ESTUDADA PARA O ANO DE 2005 (FIGURA SUPERIOR, EM RELATÓRIO DE VISA CONSULTORES, 2005) E LOCALIZAÇÃO DOS PIEZÓMETROS E DO LAGO NA ÁREA EM (EM FOTOGRAFIA AÉREA DE GOOGLE EARTH, 2017).....	53
FIGURA 26- A.: VISTA DO CANAL QUE TRANSPORTA A ÁGUA DESDE O COLETOR PRINCIPAL ATÉ À LINHA DE ÁGUA; B.: VISTA DA CONFLUÊNCIA DO CANAL COM A VALA (FONTE. RETORNO DE 100 ANOS)	54
FIGURA 27- DIAGRAMA DE PIPER COM REPRESENTAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA RECOLHIDAS NA PEDREIRA "MARTINGANÇA-MACEIRA" E NA POCARIÇA E ANALISADAS IN SITU.	56
FIGURA 28- REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS NÍVEIS PIEZOMÉTRICAS PARA AS CAPTAÇÕES SITUADAS NAS ENVOLVENTES DA ÁREA ESTUDADA 296/57 E 296/3 (SNIRH, 2017).	57

FIGURA 29- GRÁFICO ILUSTRATIVO DAS MEDIÇÕES PIEZOMÉTRICAS REALIZADAS EM ... ENTRE JANEIRO DE 2014 E JANEIRO DE 2017.	57
FIGURA 30- EVOLUÇÃO DO NÍVEL PIEZOMÉTRICO NAS CAPTAÇÕES F1 E F2 DA CMP ENTRE FEVEREIRO DE 2001 E NOVEMBRO DE 2013 (VISA CONSULTORES, S.A., 2014).	59
FIGURA 31- CARTA DE ISOPIEZAS E DE FLUXO DA PEDREIRA "MARTINGANÇA-MACEIRA" RELATIVA A SETEMBRO DE 2004 (VISA CONSULTORES S.A., 2012).....	60
FIGURA 32- MAPA DA RECARGA ANUAL MÉDIA (MM/ANO) PARA O SISTEMA AQUÍFERO DE MACEIRA (PGBHOESTE, 2012).....	62
FIGURA 33- GRÁFICO REPRESENTATIVO DO VOLUME MENSAL EXTRAÍDO EM M3 PARA O ANO DE 2010, 2011, 2012, 2013 E 2016 (CMP, 2017).	65
FIGURA 34- ESQ.: ESQUEMA REPRESENTATIVO DA PEDREIRA "MARTINGANÇA-MACEIRA" COM INDICAÇÃO DO PERFIL GEOLÓGICO COM DIREÇÃO C-C'; DIR.: PERFIS TOPOGRÁFICOS COM DIREÇÃO C-C' E INDICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DOS PIEZÓMETROS CALCÁRIO-OESTE E CALCÁRIO-ESTE, COM INDICAÇÃO DA RESERVA REGULADORA E RESERVA PERMANENTE.	66

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1- VALORES MÉDIOS ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO ATMOSFÉRICA, EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL E ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA A REGIÃO DE LEIRIA.	23
TABELA 2- PRINCIPAIS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS PARA A BACIA DO RIO LIS (PGBH, 2012).	26
TABELA 3- BALANÇO HÍDRICO SEQUENCIAL MENSAL PARA A ZONA DE LEIRIA (CONSIDEROU-SE UMA CAPACIDADE DE CAMPO DE 100 MM (VISA CONSULTORES, S.A., 2005 CITADO EM VISA CONSULTORES, 2013).....	38
TABELA 4- BALANÇO HÍDRICO SEQUENCIAL MENSAL PARA A ZONA EM ESTUDO - PEDREIRA "MARTINGANÇA-MACEIRA" (CAPACIDADE DE CAMPO DE 100 MM).....	40
TABELA 5- BALANÇO HÍDRICO SEQUENCIAL MENSAL PARA A ZONA EM ESTUDO - PEDREIRA "MARTINGANÇA-MACEIRA" (CAPACIDADE DE CAMPO DE 50 MM).	40
TABELA 6- DADOS PARA A TEMPERATURA, PH, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E TOTAL DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS QUANTIFICADOS EM AMOSTRAS COLHIDAS EM FUROS E NA LAGOA DA PEDREIRA DE "MARTINGANÇA-MACEIRA", EM MAIO DE 2004 (VISA CONSULTORES, 2005).	55
TABELA 7- COTAS PIEZOMÉTRICAS MÍNIMAS E MÁXIMAS PARA OS PIEZÓMETROS INSTALADOS NA PEDREIRA DESDE 2014 ATÉ 2017 (CMP, 2017).	58
TABELA 8- PERCENTAGEM DE PRECIPITAÇÃO CORRESPONDENTE A CADA PARÂMETRO SELECIONADO.	63
TABELA 9- <i>INPUT</i> HÍDRICO ANUAL EM M ³ /ANO NA PEDREIRA, CONSIDERANDO OS VALORES PARA A EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL E ÁREA CONSIDERADA.	63
TABELA 10- TABELA COM OS VALORES MÉDIOS DA POROSIDADE EFICAZ PARA AS PRINCIPAIS ROCHAS SEGUNDO O DECRETO-LEI Nº 382/99, DE 22 DE SETEMBRO (APA, 2017).	67
TABELA 11- VALORES DE POROSIDADE EFICAZ ATRIBUÍDOS ÀS LITOLOGIAS LOCAIS SEGUNDO AS CARACTERÍSTICAS DA ROCHA PRESENTE NA PEDREIRA CMP.	68

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO (1).....	10
EQUAÇÃO (2).....	10
EQUAÇÃO (3).....	11
EQUAÇÃO (4).....	11
EQUAÇÃO (5).....	12
EQUAÇÃO (6).....	12
EQUAÇÃO (7).....	12
EQUAÇÃO (8).....	12
EQUAÇÃO (9).....	13
EQUAÇÃO (10).....	13
EQUAÇÃO (11).....	13
EQUAÇÃO (12).....	14
EQUAÇÃO (13).....	14
EQUAÇÃO (14).....	14
EQUAÇÃO (15).....	14
EQUAÇÃO (16).....	14
EQUAÇÃO (17).....	21
EQUAÇÃO (18).....	22
EQUAÇÃO (19).....	24
EQUAÇÃO (20).....	24
EQUAÇÃO (21).....	24

1. Introdução

1.1. Importância da Água e da Hidrogeologia

A água é um elemento indispensável à vida no planeta e como tal é necessário estudá-la, com o objetivo de compreender a hidrodinâmica planetária, regional e local, assim como melhorar o seu uso e gestão.

O recurso geológico *água* tem um papel determinante nos processos geológicos e nos processos biológicos – vida – incluindo as atividades humanas. O estudo da água é fundamental na gestão do solo e subsolo, bem como no desenvolvimento das geociências. Praticamente todas as atividades humanas têm interferência, ou interferem com o ciclo da água e mais concretamente com as águas subterrâneas (Carvalho, 2016).

Os processos de abordagem e gestão dos recursos hídricos, nomeadamente dos subterrâneos, sofreram uma evolução considerável com a inserção de profissionais em hidrogeologia. No passado os problemas associados a este recurso passavam pela quantidade de água disponível para consumo. Hoje as principais matérias de discussão encontram-se relacionadas com a qualidade e sustentabilidade. A evolução do conhecimento hidrogeológico pode trazer consideráveis melhorias à sua gestão e proteção. O conhecimento hidrogeológico permite estabelecer mecanismos de sustentabilidade dos recursos, mas também permite compatibilizar e definir objetivos económicos e de preservação ambiental.

1.2. Enquadramento do tema em estudo

O estudo hidrogeológico apresentado nesta dissertação tem como principal propósito a agilização de processos diários relacionados com a intervenção numa massa de água subterrânea de forma a rentabilizar ao máximo a extração de rocha em pedreira calcária para o fabrico de cimento.

Os primeiros relatos sobre a história da produção de cimento datam de à aproximadamente 4500 A.C., no Egito Antigo. Em Portugal a produção de cimento teve início no século XIX e consistia num processo de adição de calcário e argila.

O calcário é uma rocha sedimentar, carbonatada que se encontra bem representada na região centro-sul de Portugal continental. Nestas regiões encontram-se instaladas as principais explorações deste recurso, quer para rocha ornamental, agregados ou produção de cimento. Os ambientes carbonatados em geral e os cársicos em particular apresentam, quase sempre, um conjunto de características particulares que despertam o interesse geológico, mais especificamente a nível hidrogeológico.

No que diz respeito à circulação superficial e subterrânea da água, os ambientes calcários apresentam aspetos particulares. Nos maciços calcários a circulação hídrica faz-se preferencialmente através da estratificação e de falhas/diáclases. Com a evolução do sistema de drenagem do maciço, acentua-se a anisotropia e heterogeneidade do mesmo, pois o sistema de fraturas/diáclases que inicialmente é mais apto à circulação hídrica, será mais alargado por ação da dissolução. A ação da água promove uma maior abertura e conseqüentemente uma maior área para se efetuar a circulação hídrica, assim, com o tempo, acentua-se o contraste entre as permeabilidades dos vários sistemas de fraturas/diáclases, estabelecendo-se uma hierarquização semelhante à de uma rede hidrográfica. Isto conduz à existência de grandes variações das propriedades hidráulicas, onde a ação da água é visível através da carsificação, descoloração e presença de *terra rossa*, que são características deste geoambiente.

As regiões cársicas são caracterizadas por conterem uma reduzida percentagem de água armazenada na zona não saturada, sendo que quando esta camada é pouco espessa os impactos ao nível da água subterrânea são mínimos. Embora este comportamento seja o mais comum, existem áreas onde se verifica uma zona não saturada mais desenvolvida, o que permite armazenar temporariamente a água proveniente da precipitação atmosférica e de outros processos até se infiltrar no sistema aquífero. De forma geral, em ambientes cársicos verifica-se uma ausência quase total de recursos hídricos superficiais e uma abundância relativa de recursos hídricos subterrâneos.

Existem inúmeras atividades humanas locais que podem interferir com o nível de água subterrânea, sendo a indústria extrativa um exemplo comum. A necessidade de continuar ou aumentar a produção em áreas limitadas, leva a que sejam tomadas decisões com o objetivo de prolongar a exploração para níveis mais profundos. Este processo promove o rebaixamento da cota da superfície de exploração e pode levar à interseção do nível aquífero. Quando se confirma esta situação, e sem executar qualquer tipo de processos mecânicos, há um acumular de água no fundo da exploração, o que dificulta ou impossibilita os trabalhos extrativos.

De forma a prolongar e agilizar os trabalhos diários é necessário proceder à extração da água armazenada através de processos humanos/mecânicos. Em algumas situações é possível drenar a área através de bombagens regulares, na lagoa ou através de furos ou poços adjacentes.

Muitas atividades humanas como a indústria extrativa podem baixar o nível hídrico subterrâneo local ou regional. Enquanto que a indústria extrativa se encontra normalmente

reservada a uma área limitada, outras atividades podem contribuir de forma significativa para este rebaixamento.

No caso em estudo - Hidrogeologia de maciços carbonatados: o caso de estudo de pedra calcária em Maceira, Leiria - com o objetivo de respeitar as normas ambientais e promover uma harmonia na zona em exploração é necessário a intervenção humana para conhecer/determinar o caudal diário a extrair do fundo da corta da pedra, de forma a possibilitar o prolongamento dos trabalhos de extração, a segurança dos trabalhadores e bom funcionamento dos equipamentos.

1.3. A área em estudo

O domínio estudado neste trabalho localiza-se na Região Centro de Portugal Continental, na denominada região da Beira Litoral. A zona em estudo situa-se aproximadamente a 20 km a SW da cidade de Leiria, mais precisamente nos domínios pertencentes à Fábrica de Cimento Maceira-Liz, seguidamente designada por CMP.

Os critérios de seleção do domínio e do tema em estudo decorreram da implementação de um protocolo realizado entre o Departamento de Ciências da Terra da FCTUC, da Universidade de Coimbra e o Grupo SECIL, mais especificamente da Fábrica de Cimento Maceira-Liz (CMP).

A presente dissertação, que se encontra inserida no Mestrado de Geociências – ramo de Recursos Geológicos, pretende abordar questões relativas à geologia e hidrogeologia de uma pedra em materiais carbonatados e demonstrar a importância do conhecimento da hidrodinâmica subterrânea nas atividades de exploração.

1.4. Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo principal o estudo da hidrodinâmica do domínio Norte da Pedreira da CMP e dos setores enquadrantes.

Um dos principais objetivos da presente dissertação engloba a determinação de volumes hídricos e possível caudal a extrair anualmente do fundo da corta da pedra de calcários por forma a ser possível a exploração a cotas inferiores ao atual nível freático local, nomeadamente até à cota de 80 m.

Para além deste, os objetivos desta dissertação dividem-se em dois tipos – principais e secundários:

- Principais:

- interpretação e modelação conceptual da hidrodinâmica subterrânea;

- contribuição para a exploração sustentada da pedreira, nomeadamente da exploração em profundidade;

- Secundários:

- caracterização climatológica, geomorfológica, litológica e estrutural da região;
- caracterização geológico-estrutural local;
- levantamento e reconhecimento de pontos de água locais;
- estudo piezométrico local;
- caracterização dos parâmetros hidráulicos;

2. Metodologias

Neste ponto são abordados os diversos processos e procedimentos utilizados na realização da presente dissertação. Os métodos encontram-se distribuídos por três fases de trabalho (Figura 1), que permitiram uma maior organização e cumprimento dos objetivos estabelecidos.

Na primeira fase procedeu-se à recolha e pesquisa bibliográficas e à planificação do trabalho e determinações de campo. No final foi elaborado um relatório intermédio sobre as atividades desenvolvidas.

Posteriormente - segunda fase – desenvolveram-se as actividades de campo: reconhecimento geológico-estrutural e hidrogeológico e determinações *in situ* (estruturais – estratificação, falhas e hidrogeológicas – medições de cotas piezométricas).

A terceira fase iniciou-se com a análise e tratamento de dados e pela redação da presente dissertação.

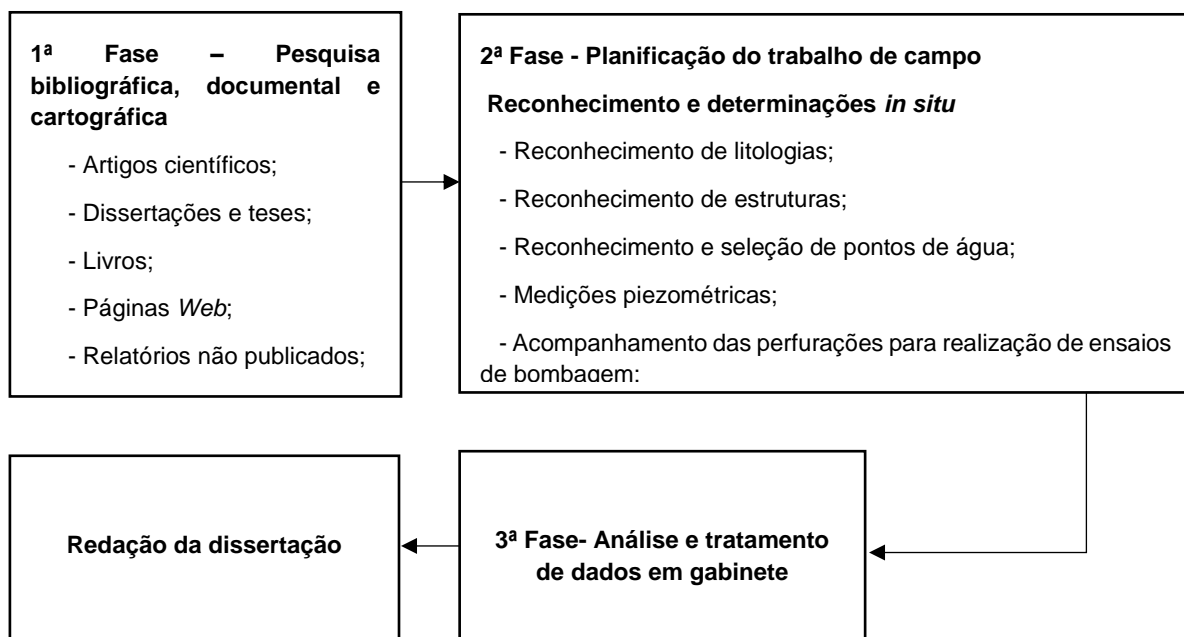


Figura 1- Fluxograma das etapas conducentes à presente dissertação.

2.1. Recolha e pesquisa de bibliografias

A recolha bibliográfica consistiu na consulta de artigos científicos, dissertações e teses, livros (destaca-se os Sistemas Aquíferos de Portugal, 2000), páginas *Web* e relatórios disponibilizados pela CMP (Relatório 1: Cálculo dos perímetros de Proteção das Captações Municipais na Envolvente da Área da Pedreira “Martingança-Maceira”, 2005; Relatório 2: Estudo Hidrogeológico para o Período de Retorno de 100 Anos na Linha de Água Afluente da Ribeira da Maceira, 2005; Relatório 3: Revisão do Plano de Pedreira: Pedreira n.º 9 “Martingança-Maceira”, 2012; Relatório 4: Análise dos Impactes nos Recursos Hídricos Subterrâneos Pedreira “Martingança-Maceira”, 2012; Relatório 5: Análise dos Impactes nos Recursos Hídricos Subterrâneos Pedreira “Martingança-Maceira”, 2013).

A nível cartográfico a recolha bibliográfica incidiu, essencialmente, na consulta da Carta Militar do Exército nº 296, na folha 22-D Marinha Grande da Carta Geológica de Portugal e diversos mapas digitais e manuais da topografia e geologia local.

A recolha e pesquisa de dados relativos à morfologia e topografia permitiu a delimitação a bacia hidrográfica local. A recolha de elementos climatológicos locais e regionais (precipitação atmosférica, temperatura, humidade, evapotranspiração, escoamento, infiltração e superavit hídrico) permitiu a realização de balanços hídricos e determinar a recarga aquífera local.

2.2. Preparação, reconhecimento e determinações de campo

Este processo foi um dos pontos essenciais para o desenvolvimento do trabalho, onde se estabeleceu a ponte entre os elementos colhidos na bibliografia consultada e a preparação-distribuição das tarefas a desenvolver:

Reconhecimento de litologias e estruturas - realização de trabalho de campo para compreensão da geologia local, nomeadamente das unidades calcárias do Jurássico Médio J_{abc}^2 – Caloviano, Batoniano, Bajociano, identificação e medição de estratificação e outros alinhamentos e formas geomorfológicas, das falhas e diáclases; documentação fotográfica e geográfica dos aspetos litológicos, estruturais e geomorfológicos de realce. Refira-se que os fatores geológicos, como a estratigrafia, litologia e as características estruturais constituem importantes condicionantes da hidrodinâmica subterrânea e processos associadas à ocorrência e movimentação hídrica, como tal devem ser analisados nos problemas relacionados com massas de água subterrâneas.

A zona em estudo – CMP- sector N –foi dividida em sectores (designados de A a H) (Figura 2) segundo a cronostratigrafia e características geológicas e estruturais, de forma a agilizar a recolha, o tratamento e a interpretação de dados de campo.

Para o desenvolvimento do trabalho de campo recorreu-se ao uso de: GPS, bússola, fita métrica, máquina fotográfica, caderneta de campo e material necessário para proteção e segurança.

Reconhecimento e seleção de pontos e linhas de água - localização e caracterização *in situ* de linhas de água, exurgências, poços, furos e piezómetros quer na zona em exploração, quer na área enquadrante.

Medições piezométricas – nos piezómetros instalados no domínio em estudo são realizadas medições piezométricas duas vezes por mês durante todo o ano; aquando da presença da autora na CMP foram realizadas medições diárias. As medições piezométricas diárias foram feitas em períodos com o equipamento de bombagem ligado e desligado. Além destes piezómetros, foi identificado e medido o nível de água de um poço localizado nas redondezas. Para o desenvolvimento destas atividades, recorreu-se ao uso de sonda de nível.



Figura 2- Fotografia aérea da Fábrica de Cimentos Maceira e Pataias (cedidas pela CMP) com delimitação da área da pedreira de calcário e da pedreira de margas, com aproximação do mapa de sectores da pedreira de calcário estabelecido pela CMP.

2.3. Breve revisão teórica, análise e tratamento de dados

Neste ponto são abordadas as técnicas utilizadas para a análise dos dados obtidos através do reconhecimento, preparação e determinações de campo.

Na Figura 3 (retirada de Carvalho, 2016), expressa-se o modelo conceptual de uma investigação hidrogeológica a nível regional e local e os respetivos condicionalismos institucionais e logísticos.

Sendo um modelo hidrogeológico conceptual uma representação simplificada das características essenciais de um dado sistema hidrogeológico e do seu comportamento hidráulico, deve ser estabelecido com o nível de detalhe adequado (necessário e suficiente) ao fim em vista (Carvalho, 2016). É, por definição, uma esquematização da interpretação do funcionamento do sistema hidrogeológico e, nessa medida, é sua fiabilidade que está diretamente relacionada com a interpretação da informação disponível.

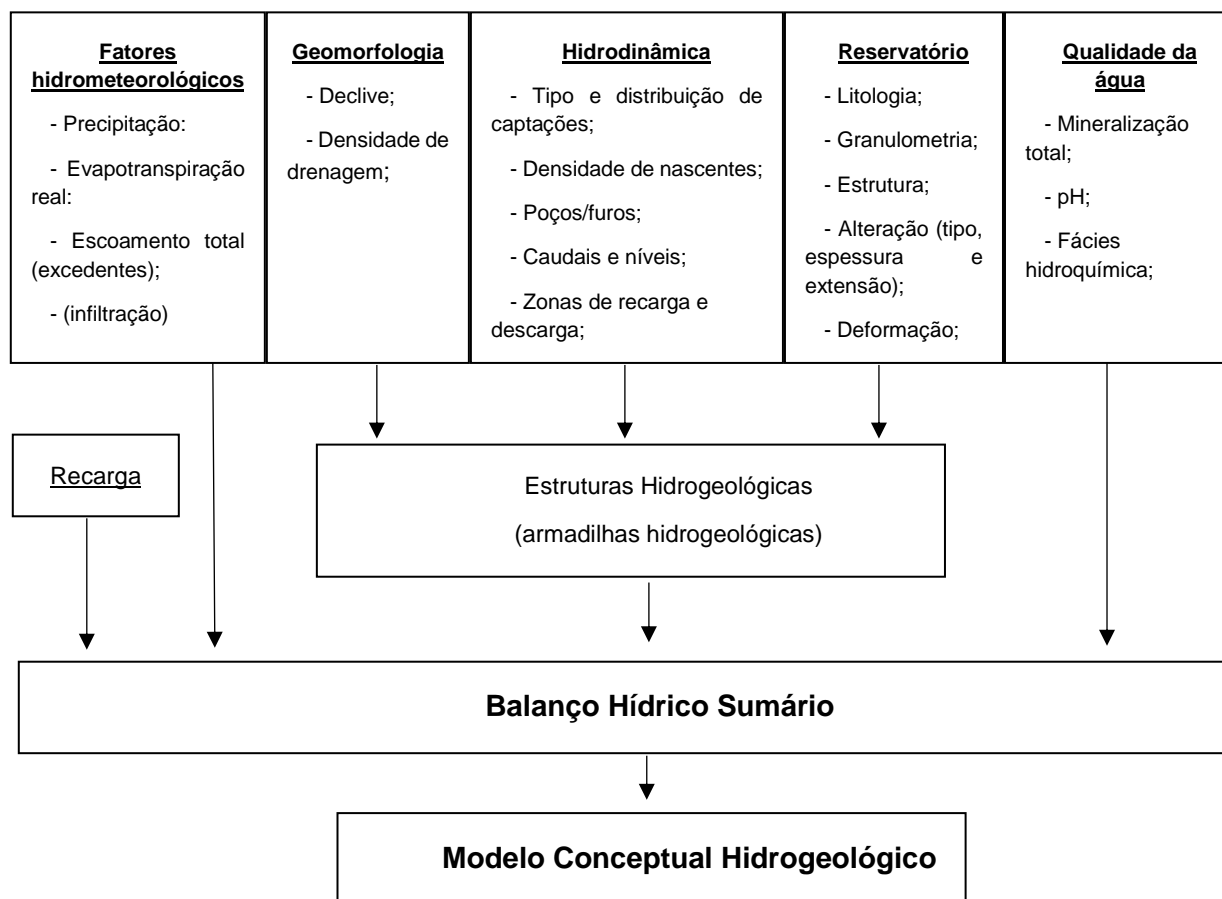


Figura 3- Fluxograma das etapas de um estudo hidrogeológico e: elaboração do modelo conceptual (adaptado de Carvalho, 2016).

Com o objetivo de elaborar o balanço hídrico e o modelo conceptual hidrogeológico do domínio utilizaram-se diversos métodos e informações disponíveis. Seguindo o modelo elaborado por Carvalho (2016), o desenvolvimento da presente dissertação incluiu a

caracterização hidrometeorológica, geomorfologia, hidrodinâmica, e a avaliação de quantidade e qualidade da água aquífera.

- **Hidrometeorologia:** de forma a estabelecer a precipitação atmosférica local foi necessário recorrer a diversas fontes de informação, como o Sistema Nacional de Informação dos Recursos Hídricos (SNIRH), o Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA), o Atlas do Ambiente da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), o Plano de Gestão de Bacias Hidrográficas do Vouga, Mondego e Lis, o Plano de Bacia Hidrográficas das Ribeiras do Oeste e a Relatórios internos da CMP. De forma a obter o valor mais preciso e indicado para a região em estudo recorreu-se às a registos das Estações meteorológicas do SNIRH mais próximas ao local em estudo, uma vez que o IPMA não apresenta Normais Climatológicas para a região de Leiria.

O SNIRH apresenta uma estação de rede meteorológica próxima à área em estudo designada de Estação Maceira (Lis) (15D/03UG). Esta estação encontra-se a aproximadamente a 200 m da zona em estudo e apresenta valores desde o ano hidrológico de 1923/24 até 2015/16, estando os últimos anos (após 1996/97) com falhas de inserção de valores. Posto isto, utilizou-se a série de dados entre 1985/86 e 2015/16 e projetaram-se ainda os valores dos metadados apresentados pelo Atlas do Ambientes da APA referentes ao período de 1982.

- Evapotranspiração Real: foram analisados diversos dados presentes nos Planos de Gestão de Bacias Hidrográficas, Atlas do Ambiente e Relatórios internos que apresentavam valores distintos, segundo os modelos de cálculo aplicados. De modo a colmatar as discrepâncias encontradas descartaram-se os valores máximos e mínimos que não eram aplicáveis à área em estudo, uma vez que são valores extremos e, para este caso, pretende-se um valor médio que corresponda às características da região. Perante os valores apresentados em relatórios internos e os apresentados no Atlas do Ambiente estabeleceu-se a evapotranspiração real tendo em consideração o tipo de solo, a natureza da cobertura vegetal e o tipo de indústria instalada no local.

- Escoamento superficial total: foram analisados diversos dados presentes nos Planos de Gestão de Bacias Hidrográficas, no Atlas do Ambiente e em Relatórios internos da CMP que apresentavam valores similares. De forma a tornar o escoamento total o mais próximo da realidade e credível possível utilizou-se os elementos do SNIRH referentes à estação meteorológica mais próxima do local em estudo que apresentava valores de escoamento— Estação de Ponte Mestras (15E 03H). Esta apresenta valores dos anos hidrológicos compreendidos entre 1979/80 e 1989/90, os quais se aproximam dos valores apresentados pelo Atlas do Ambiente.

- **Infiltração:** este parâmetro foi determinado através das equações gerais (1 e 2) do balanço hídrico (Azevedo, 2016), onde se verifica:

$$I_{mínima} = P - (ETR_{máx.} + Esc_{máx.}) \quad (1)$$

$$I_{máxima} = P - (ETR_{mín.} + Esc_{mín.}) \quad (2)$$

Onde:

I-Infiltração (mm)

P- Precipitação atmosférica (mm)

ETR- Evapotranspiração real (mm)

Esc- Escoamento superficial (mm)

Neste caso, o valor aplicado à evapotranspiração real máxima e mínima foi estabelecido segundo os dados apresentados pelo Atlas do Ambiente em concordância com os valores apresentados no Plano de Gestão de Bacias Hidrográficas do Vouga, Mondego e Lis. A mesma técnica foi aplicada para o escoamento máximo e mínimo.

- **Geomorfologia:** o estudo geomorfológico da região foi estabelecido segundo a análise da Carta Militar do Exército 1:50.000, n.º 296, na folha 22-D Marinha Grande.

- **Relevo:** foram elaborados perfis topográficos da área em estudo com o objetivo de estabelecer relações entre a topografia original, atual e futura do terreno.

- **Densidade de drenagem:** após a delimitação da bacia hidrográfica local calculou-se a relação entre o comprimento total das linhas de água e a área plana da bacia.

- **Hidrodinâmica subterrânea:** o estudo deste processo é fundamental para a compreensão hidrogeológica local e, como tal, analisou-se o tipo e distribuição de furos, piezómetros e poços presença de nascentes, os caudais bombeados, os níveis piezométricos e as possíveis zonas de recarga e descarga.

- **Volumes hídricos subterrâneos - Reservatório:** a estimativa dos volumes hídricos armazenados e as respetivas variações diárias e sazonais basearam-se na análise de elementos do meio geológico (reservatório), nomeadamente: a litologia, a granulometria, estrutura, alteração e deformação. Após a recolha dos elementos de campo, procedeu-se à

projeção dos dados obtidos sobre imagens da pedreira, assim como à elaboração de perfis geológicos-

- **Qualidade da água subterrânea:** para definir a fácies hidroquímica da água que evolui na pedreira utilizaram-se análises químicas disponibilizadas pela CMP; através de medições *in situ*, foram determinados regularmente os valores de pH, condutividade elétrica e temperatura da água.

- **Recarga:** para estimar a recarga do aquífero que evolui na zona em estudo aplicaram-se os conceitos de reserva reguladora e reserva permanente, nomeadamente:

- A Reserva reguladora (R_r) é definida como o volume hídrico acumulado no meio aquífero, em função da porosidade eficaz ou do coeficiente de armazenamento; varia anualmente em função da variação sazonal da água superficial, ou seja, do volume de água infiltrado e do escoamento subterrâneo; corresponde à recarga anual do sistema. Segundo Costa (1998) a reserva reguladora deve ser determinada diferentemente para três tipos de aquíferos:

Aquífero intersticial em bacias sedimentares: quando se dispõe de mapa potenciométrico e se conhece a condutividade hidráulica do aquífero, calcula-se a vazão de escoamento natural (eq. 3) – VEM (m^3/ano):

$$Rr_1 = VEN = k \cdot b \cdot l \cdot i \quad (3)$$

Sendo:

R_r - reserva reguladora do aquífero (m^3/ano)

k - condutividade hidráulica do aquífero (m/ano)

b - espessura saturada do aquífero (m)

l - largura da frente do escoamento subterrâneo (m)

i - gradiente hidráulico medido entre curvas piezométricas

Quando se possuem dados da superfície piezométrica, medidas inter-anuais da variação do nível estático da água em poços ou furos, para uma dada região, calcula-se a R_r (m^3/ano) (eq. 4):

$$Rr_1 = A \cdot \Delta s \cdot \mu \quad (4)$$

Sendo:

A- área de recarga do aquífero (m²)

Δs- rebaixamento médio anual da água no piezômetro (m)

μ- porosidade efetiva do aquífero

Quando se dispõe de infiltrômetros instalados na área, calcula-se (m³/ano) (eq. 5):

$$Rr_1 = A \cdot h' \quad (5)$$

Sendo:

A- área do infiltrômetro (m²)

h'- altura da coluna de água medida no infiltrômetro (m)

Quando se conhece a taxa de infiltração, calcula-se (m³/ano) (eq. 6):

$$Rr_1 = A \cdot P \cdot I \quad (6)$$

Sendo:

P- precipitação atmosférica média anual na área (m/ano)

I- taxa de infiltração

Aquífero intersticial aluvial: quando se conhece os valores do escoamento de base do rio na curva de recessão e a contribuição da água subterrânea correspondente à reserva reguladora ou quando se conhece a variação dos níveis de poços no depósito aluvial e da área aluvial, encontra-se a reserva reguladora da seguinte forma (m³/ano) (eq. 7):

$$Rr_1 = Rr_2 \quad (7)$$

Quando não se conhece a espessura saturada do aquífero, admite-se como igual a 1 metro, com uma porosidade eficaz de 10%, para um aproveitamento de 60%, calculando-se (m³/ano) (eq. 8):

$$\begin{aligned} Rr_2 &= A \times 1 \times 0,1 \times 0,6 \\ &= A \times 0,06 \end{aligned} \quad (8)$$

Sendo:

A- área de ocorrência do aquífero (m²)

Para estudos de bacias hidrográficas e quando não se conhece os parâmetros dimensionais do aquífero, adota-se uma percentagem de 2% da área da bacia hidrográfica, com uma espessura saturada média de 1 metro e porosidade eficaz de 10%, com aproveitamento de 60%, calcula-se (m³/ano) (eq. 9):

$$\begin{aligned} Rr_2 &= A \times 0,02 \times 0,1 \times 0,6 \\ &= A \times 0,0012 \end{aligned} \quad (9)$$

Sendo:

A- área da bacia hidrográfica (m²)

Aquífero fissurado: admite-se uma taxa de infiltração mínima de 0,15% da precipitação, calcula-se a reserva reguladora através do produto dessa lâmina de água infiltrada pela área da bacia hidrográfica (eq. 10).

$$Rr_3 = P \times 0,0015 \times A \quad (10)$$

Sendo:

A - área da bacia hidrográfica (m²)

- Reserva permanente (Rp): corresponde ao volume de água subterrânea situada nos domínios aquíferos situados abaixo do nível piezométrico mínimo. Segundo Costa (1998) a reserva permanente pode ser determinada para três tipos de aquíferos:

Aquífero intersticial em bacias sedimentares: aplicado a aquíferos livres em que se conhece os parâmetros dimensionais hidrodinâmicos a partir de ensaios de bombagem realizados nos piezómetros, calcula-se (m³) (eq. 11):

$$Rp_1 = A_1 \cdot b \cdot \mu \quad (11)$$

Sendo:

Rp₁- reserva permanente no aquífero intersticial numa bacia sedimentar (m³)

A₁- área saturada do aquífero livre ou confinado (m²)

μ- porosidade eficaz do aquífero

Quando aplicado a aquíferos confinados a semi-confinados, com idêntico nível de conhecimento, calcula-se (m^3/ano) (eq. 12):

$$Rp_1 = (A_1 \cdot h \cdot S) + (A_1 \cdot b \cdot \mu) \quad (12)$$

Sendo:

Rp_1 - reserva permanente no aquífero intersticial numa bacia sedimentar (m^3)

h - altura potenciométrica do aquífero confinado (m)

S - coeficiente de armazenamento do aquífero confinado

Aquífero intersticial aluvial: quando se conhece os parâmetros dimensionais e hidrodinâmicos do aquífero (caso se tenha realizado ensaios de bombagem nos piezômetro) calcula-se (m^3) (eq. 13):

$$Rp_1 = A_1 \cdot b \cdot \mu \quad (13)$$

Quando se desconhece os parâmetros dimensionais do aquífero pode-se fazer uso da equação acima descrita, adotando um valor percentual de 10% para a porosidade eficaz do aquífero (valor resultante da média da porosidade eficaz nestes aquíferos), calcula-se (m^3) (eq. 14):

$$Rp_2 = A_1 \times b \times 0,1 \quad (14)$$

Quando não se conhece o valor da espessura saturado do aquífero, pode admitir-se, como igual a 0,5 metros, tendo em vista que quase toda a água do depósito aluvial é percolada ou evaporada, calcula-se (m^3) (eq. 15):

$$\begin{aligned} Rp_2 &= A_1 \times 0,5 \times 0,1 \\ &= A_1 \times 0,05 \end{aligned} \quad (15)$$

Para estudos aplicados a bacias hidrográficas e quando não se conhece os parâmetros dimensionais do aquífero, adota-se um valor percentual de 2% da área da bacia hidrográfica, com espessura média saturada de 0,5 metros e porosidade efetiva de 10%, calcula-se (m^3) (eq. 16):

$$\begin{aligned} Rp_2 &= A_2 \times 0,02 \times 0,5 \times 0,1 \\ &= A_2 \times 0,001 \end{aligned} \quad (16)$$

Sendo:

A₂- área da bacia hidrográfica (m²)

Aquífero fissural: em geral não é avaliada, tendo em vista a grande variação de profundidade da zona fraturada, da heterogeneidade na distribuição das fraturas e do nível de conhecimentos existente na atualidade.

Sendo o Sistema aquífero de Maceira, bem como a unidade aquífera localizada no domínio em estudo, considerados aquíferos não-confinados (livres) utilizou-se para o presente estudo o método aplicado a aquíferos intersticiais em bacias sedimentares, uma vez que vai de encontro aos parâmetros a considerar para um aquífero cársico-fissurado.

3. Enquadramento regional

Neste capítulo apresenta-se as características físicas da região onde se localiza a área de estudo, nomeadamente aos níveis do enquadramento geográfico e administrativo, climatológico, hidrológico, geológico e hidrogeológico.

3.1. Enquadramento geográfico e administrativo

Em termos administrativos a área em estudo encontra-se incluída na Unidade de nível I (NUT I) de Portugal Continental, mais especificamente na Região Centro (NUT II), no Pinhal Litoral (NUT III) das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) (CCDR, 2012) (Figura 4).

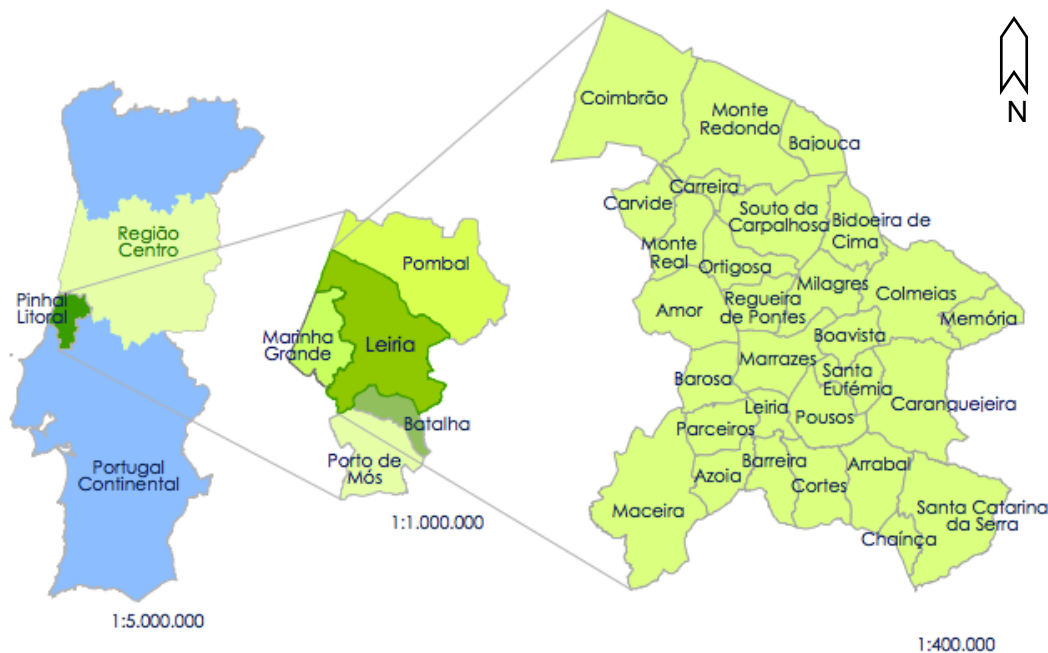


Figura 4- Enquadramento geográfico da área em estudo no contexto nacional (NUT I), na Região Centro (NUT II) e no Pinhal Litoral (NUT III). Distribuição das freguesias do Concelho, nomeadamente a freguesia de Maceira (adaptado da Câmara Municipal de Leiria, 2017).

À escala local a pedreira em estudo – Pedreira “Martingança-Maceira” - setor N - localiza-se em domínios da Fábrica Maceira-Liz, freguesia de Maceira, concelho e distrito de Leiria. Localmente a freguesia de Maceira faz fronteira a noroeste com o concelho da Marinha Grande, a oeste com Alcobaça, a sul com Porto de Mós, a este com a Batalha e a nordeste com a freguesia de Parceiros e Azoia.

A área em análise integra o Plano de Gestão de Bacia Hidrográfica (PGBH) dos rios Vouga, Mondego e Lis incluídos na Região Hidrográfica 4 (RH4), mais precisamente na Bacia do rio Lis (*Artigo 13º da DQA*) e encontra-se sob jurisdição da Administração da Região Hidrográfica do Cento da Agência Portuguesa do Ambiente.

3.2. Enquadramento Climatológico

Os valores a seguir mencionados referentes às características climatológicas regionais foram obtidos através da consulta do Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis (PGBH), do Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste (PGBHRO), das séries de dados pertencentes à estação meteorológica Maceira (Lis), aos metadados do Atlas do Ambiente da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e ao Portal do Clima.

3.2.1. Precipitação atmosférica

Segundo a série de registos de precipitação disponíveis para a estação hidrométrica de Maceira (Lis) (15D/03UG), no período 1970/71 a 1999/2000 a precipitação média anual é de 909 mm, o que está de acordo com o Atlas do Ambiente pois este indica para a zona valores de precipitação média anual da ordem dos 800 a 1000 mm (Figura 5).

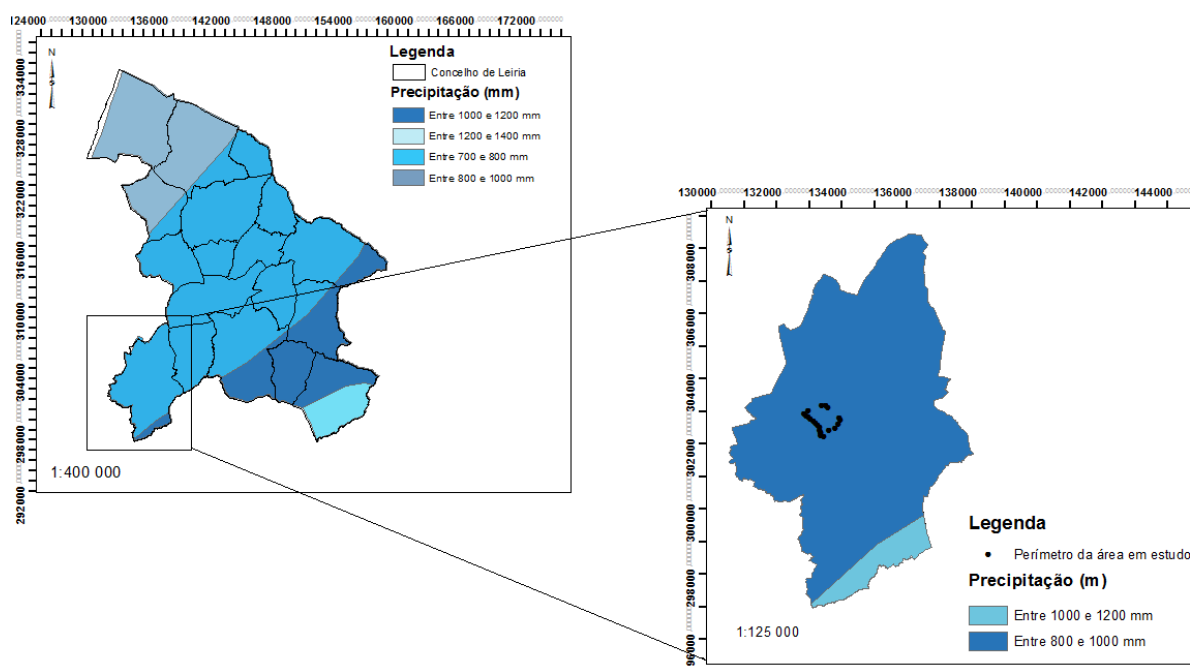


Figura 5- Mapa da precipitação atmosférica anual para o concelho de Leiria (elaborada em ArcGIS 10.2 a partir de SINIAmb, 2017).

Desde o ano hidrológico 2005/06 que se verifica, na região, uma redução da precipitação atmosférica média. O PGBHRO vem colmatar este período sem dados (entre 2005/06 e 2011), até ao ano de 2011, apontando uma precipitação média anual de 896 mm

para a bacia hidrográfica do rio Lis, podendo atingir os 1488 mm em anos muito pluviosos e os 397 mm em anos secos (PGBHRO, 2012).

Quanto à precipitação atmosférica anual, esta pode ser quantificada para um ano seco- P20 ($617 < \text{Precipitação média anual (mm)} \leq 892$) e para um ano húmido - P80 ($1493 \leq \text{Precipitação atmosférica média anual (mm)} < 2095$) (PGBH, 2012). Para um ano seco a precipitação varia entre os 700 mm e os 800 mm, já para anos húmidos verifica-se uma precipitação entre os 1200 mm e os 1300 mm.

Segundo o Portal do Clima, numa previsão simulada para o intervalo 1971-2000, a precipitação atmosférica média acumulada apresenta valores mais baixos de precipitação para os anos de 1981 e 1998 e mais elevados para os anos de 1974 e 1994 (Figura 6 A). Os meses onde os valores de precipitação atmosférica acumulada são extremos ocorrem no inverno e no verão, nomeadamente nos meses de janeiro e dezembro e julho e agosto (Figura 6 B).

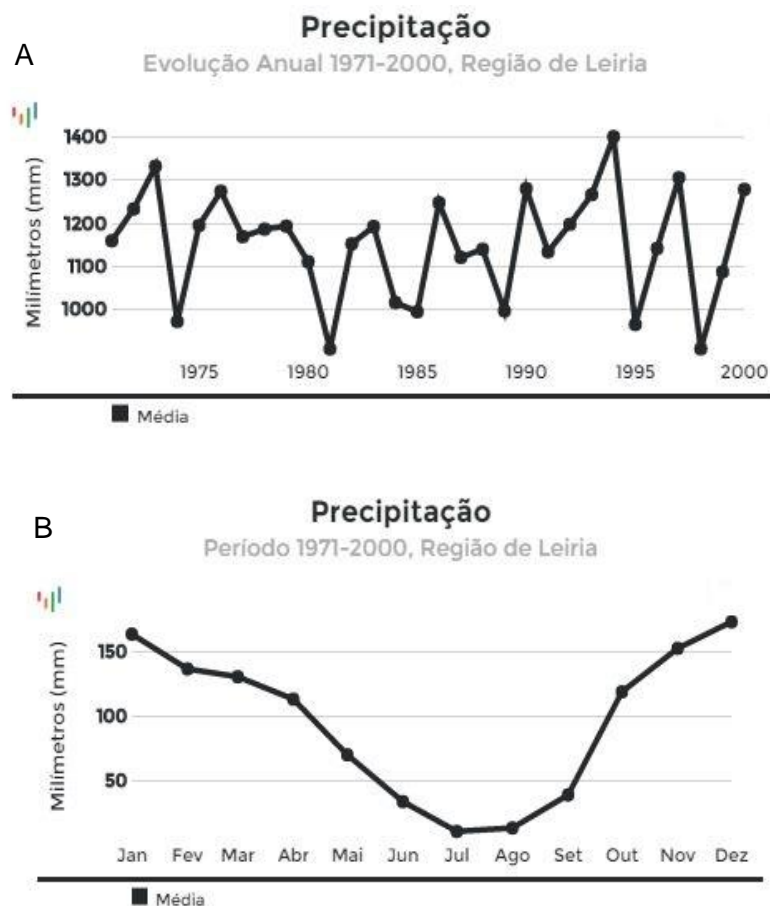


Figura 6- Precipitação atmosférica média acumulada para o período de 1971-2000 na região de Leiria: A: Precipitação acumulada média anual; B: Precipitação acumulada média mensal (Portal do Clima, 2016).

3.2.2. Temperatura

Na região, a temperatura média anual é de 14,6°C podendo atingir os 19,1°C de temperatura média máxima anual, não atingindo valores inferiores a 10,3°C de temperatura média mínima anual (PGBH, 2012). Na Figura 7 apresenta-se a temperatura média anual, segundo a Agência Portuguesa do Ambiente, que apresenta valores no intervalo entre os 12,5°C e os 15 °C.

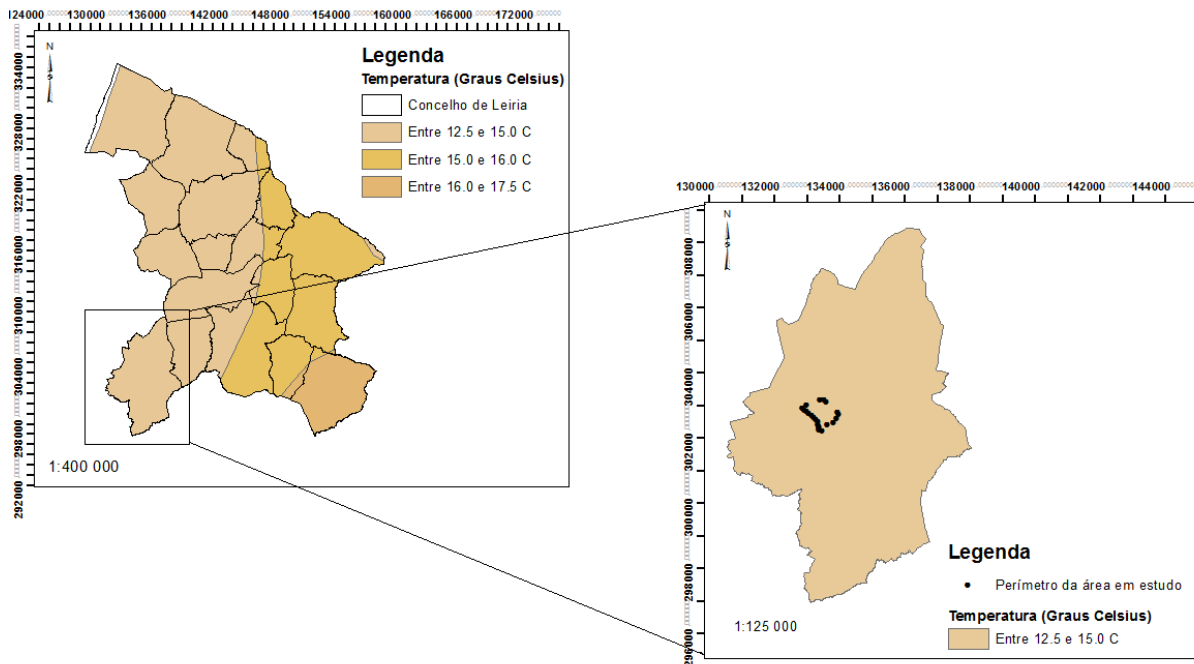


Figura 7- Mapa da temperatura atmosférica anual para o concelho de Leiria (elaborada em ArcGIS 10.2 a partir de SINIAmb, 2017).

Segundo o Portal do Clima a temperatura média máxima é atingida no mês de agosto, enquanto que a temperatura média mínima anual é atingida no mês de dezembro. Da análise dos dados verifica-se que os anos com temperaturas médias mais baixas foram os de 1972 e 1974, que igualam os 12,9°C, sendo que os anos com temperaturas médias mais elevadas foram os de 1998 e 2000 com 14,2°C e 14°C respetivamente.

3.2.3. Humidade relativa do ar

Na região verifica-se uma humidade relativa média do ar de 77,5%, sendo que este parâmetro varia entre os 75% e os 80% (Figura 8) (APA, 2017).

No sítio do Portal do Clima os valores da humidade relativa média do ar mínima situa-se nos meses de verão (julho e agosto) já o contrário ocorre nos meses de inverno, nomeadamente em janeiro e dezembro. Os anos de 1975 e 1990 apresentaram maior

humidade do ar, enquanto os anos de 1995 e 1998 ocorreu o oposto atingindo-se uma humidade relativa média do ar de 72%.

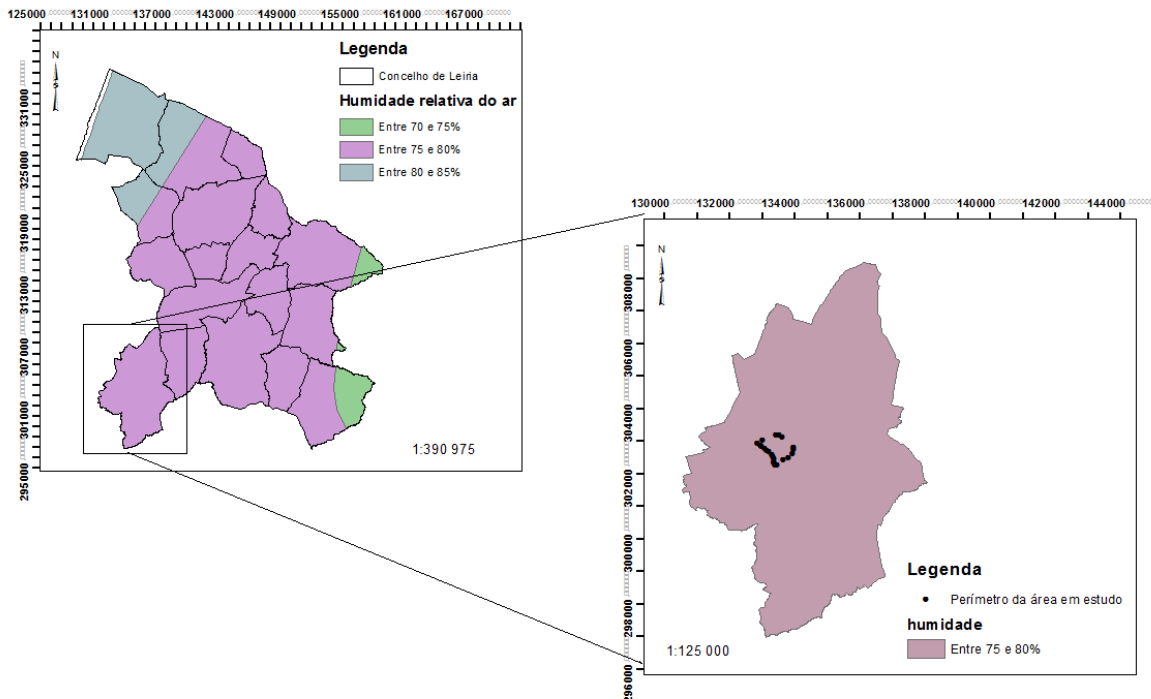


Figura 8- Mapa da humidade relativa do ar para o concelho de Leiria (elaborada em ArcGIS 10.2 a partir de SINIAmb, 2017).

3.2.4. Evapotranspiração real (ETR)

A evaporação de piche média anual na região varia entre os 800 mm e os 1000 mm, sendo que localmente a evaporação média anual situa-se nos 874 mm. Em anos extremos pode-se atingir um valor mínimo médio anual de 855,9 mm e um máximo médio anual de 930 mm (PGBH, 2012).

A evaporação potencial média anual apresenta um valor de 737 mm. Na região verifica-se um valor médio máximo para a evaporação potencial de 747 mm e um valor mínimo de 718 mm (PGBH, 2012). Os menores valores de evaporação potencial média anual ocorre em janeiro, atingindo um valor de 25 mm. De forma geral, a região apresenta uma evaporação potencial média anual de 737 mm, onde o valor máximo anual é de 747 mm e o mínimo anual é de 718 mm.

Segundo o Plano de Gestão de Bacia Hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis e a Agência Portuguesa do Ambiente a evapotranspiração real varia entre os 600 mm e os 700 mm (Figura 9), sendo que de acordo com os dados apresentados no Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste, este valor reduz-se significativamente para os domínios ocupados pelo

Sistema aquífero de Maceira, onde se atingem valores na ordem dos 199 mm/ano (PGBHOESTE, 2012).

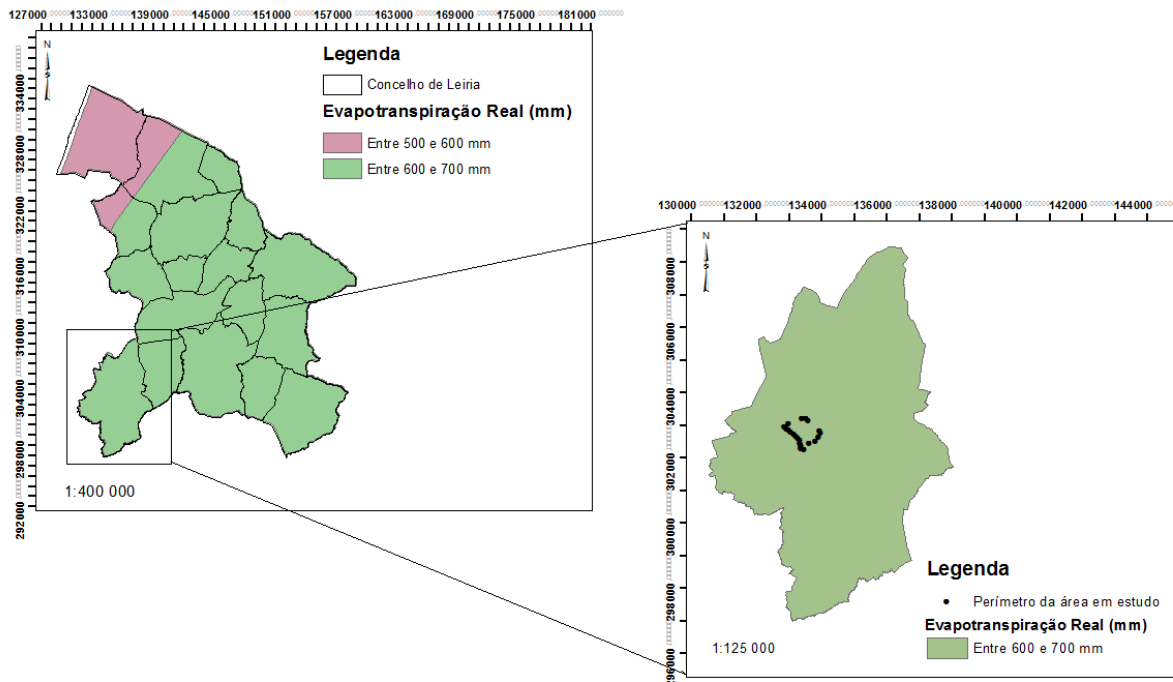


Figura 9- Mapa da evapotranspiração real para o concelho de Leiria (elaborada em ArcGIS 10.2 a partir de SINIAmb, 2017).

3.2.5. Superavit hídrico

O superavit hídrico é atingido quando a precipitação iguala ou supera o valor da evapotranspiração anual.

Este parâmetro é determinado através da subtração da evapotranspiração real à precipitação, como se verifica na equação 17.

$$Sh = P - ETR \quad (17)$$

Onde:

Sh- Superavit hídrico

P- Precipitação atmosférica

ETR- Evapotranspiração real

Para obter este parâmetro recorreu-se aos valores mencionados, para a precipitação atmosférica (909 mm/ano) e evapotranspiração real determinada pelo método de Thornthwaite no balanço hídrico segunda a Visa Consultores (2005) (546 mm/ano). O valor obtido para o superavit hídrico foi de 363 mm/ano (eq. 18).

$$Sh = P - ETR \quad (18)$$

$$Sh = 909 - 546$$

$$Sh = 363 \text{ mm/ano}$$

3.2.6. escoamento superficial

Segundo os dados apresentados no PGBH (2012), a bacia hidrográfica do rio Lis apresenta um escoamento médio anual, correspondente a 322 hm³ (PGBH, 2012).

Na rede hidrométrica nacional não existe nenhuma estação nas linhas de água abrangidas pelo estudo, embora exista uma estação hidrométrica relativamente próxima da zona, Ponte das Mestras (15E03), no rio Lena (VISA Consultores, 2005). Segundo a série de registos de escoamentos disponíveis para a estação hidrométrica acima referida, no período 1980/81 a 1988/89, o escoamento médio anual é de 230 mm, o que está de acordo com o Atlas do Ambiente, pois este indica para a zona valores de escoamento médio anual da ordem dos 200 a 300 mm (Figura 10).

Consultado o Plano de Gestão de Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste, elaborado pelo LNEC para o ano de 2011, o escoamento médio anual para a área em estudo é de 225 mm.

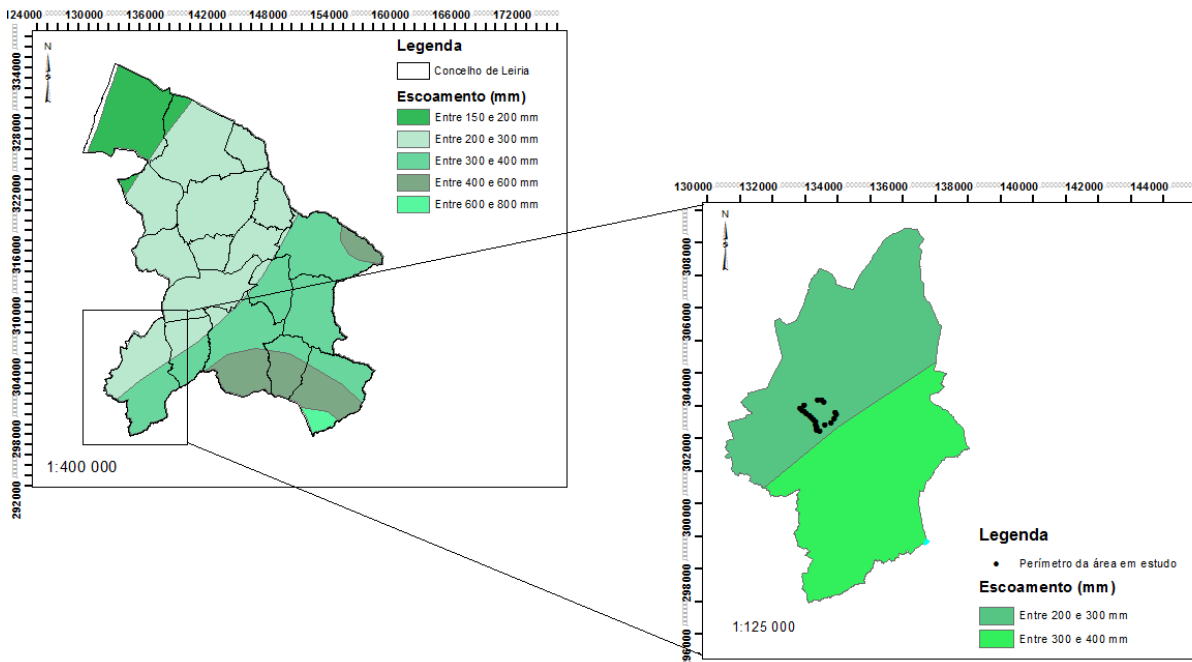


Figura 10- Mapa do escoamento superficial para o concelho de Leiria (elaborada em ArcGIS 10.2 a partir de SINIAmb, 2017).

De forma a estabelecer os parâmetros climatológicos com que se vai determinar a infiltração e o superavit hídrico, recorreu-se à discriminação efetuada nos pontos anteriores de forma a estabelecer a melhor correlação possível entre os parâmetros estabelecidos pelas diversas entidades.

Foram analisadas as estações de Maceira (Lis) e Ponte Mestras, os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) e pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e as informações contidas em relatórios internos disponibilizados pela CMP.

A Tabela 1 apresenta os valores para a precipitação, evapotranspiração real e escoamento, segundo diversas entidades.

Tabela 1- Valores médios anuais de precipitação atmosférica, evapotranspiração real e escoamento superficial para a região de Leiria.

Entidade	Estação	Precipitação (mm/ano)	Método	Evapotranspiração real (mm/ano)	Escoamento (mm/ano)	Excedente hídrico (mm)
SNIRH	Maceira (Lis) 15D/03UG (1970/71 - 1999/2000)	909		-	-	-
	Ponte Mestras 15E/03H (1980-1990)	-		-	230	-
	Mapas	800 - 1000		600 - 700	200 - 300	-
APA		800 - 1000		600 - 700	200 - 300	-
PGB das Ribeiras do Oeste		896	Balanço Hídrico Sequencial Diário BALSEQ_MOD	199	225	-
Relatórios internos CMP	Maceira (Lis) 15D/03UG (1926-1996)	957	Turc	585	-	410
	Ponte Mestras 15E/03H (1980-1990)	957	Coutagne	630	-	410
		957	Thorntwaite	546	-	410
-	Sem valor tabelado ou determinado					

O valor para a precipitação apresentado pelo SNIRH até ao ano de 1999/2000 encontra-se no intervalo das isolinhas considerado pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), assim como se apresenta muito próximo do valor considerado nos relatórios internos cedidos pela CMP, nomeadamente os relatórios não-publicados realizados pela VISA Consultores, S.A. (2005, 2012, 2014).

Para o escoamento verifica-se apenas uma diferença de 5 mm/ano entre os valores apresentados pelo SNIRH para a estação de Ponte das Mestras e o valor apresentado pelo Plano de Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste de 2011, encontrando-se ambas nos intervalos das isolinhas apresentadas pela APA. Como tal, nos cálculos apresentados neste trabalho utilizou-se o valor de 230 mm para escoamento médio anual. É de referir que o valor obtido para o escoamento, segundo os relatórios internos da CMP, engloba os parâmetros

escorrência mais infiltração/recarga, apresentando um valor superior ao limite máximo estabelecido pela APA.

O parâmetro menos concordante entre os resultados das três entidades consultadas é o da evapotranspiração real. O Plano de Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste apresenta um valor de 199 mm/ano, o que o torna muito inferior ao valor apresentado pela APA e pelo SNIRH. Posto isto, quer o SNIRH (mapas a nível nacional), quer a APA (carta de isolinhas também a nível nacional), estabeleceram o mesmo intervalo de valores para a evapotranspiração real. Como tal, fez-se uso desse intervalo de valores para as determinações deste trabalho. A evapotranspiração real foi definida, segundo os relatórios internos da CMP, respetivamente pelos métodos de Turc, Coutagne e Thromthwaite, obtendo-se valores distintos, mas que se enquadram no intervalo de valores definido pela APA.

Posteriormente determinou-se a evapotranspiração real segundo o balanço hídrico sequencial mensal para a zona em estudo.

3.2.7. Infiltração

A infiltração é obtida através de duas equações (19 e 20) que determinam o intervalo de valores para uma determinada região.

$$I_{mínima} = P - (ETR_{máx.} + Esc_{máx.}) \quad (19)$$

$$I_{máxima} = P - (ETR_{mín.} + Esc_{mín.}) \quad (20)$$

onde:

I- Infiltração (mm)

P- Precipitação atmosférica (mm)

ETR- Evapotranspiração real (mm)

Esc- Escoamento (mm)

Em função destes parâmetros, e considerando uma precipitação média anual na região de 909 mm, e um escoamento superficial entre os 200 mm/ano e os 300 mm/ano, obtém-se um valor médio anual para a Infiltração que varia entre 0 mm/ano e os 106 mm/ano (eq. 21).

$$I_{mínima} = P - (ETR_{máx.} + Esc_{máx.}) \quad I_{máxima} = P - (ETR_{mín.} + Esc_{mín.}) \quad (21)$$

$$I = 909 - (700 + 300)$$

$$I = 909 - (600 + 200)$$

$$I = 0 \text{ mm/ano}$$

$$I = 106 \text{ mm/ano}$$

3.3. Hidrográfico

A área em análise insere-se na Região hidrográfica nº 4 -Bacias Hidrográficas do Vouga, Mondego e Lis (PGBH do Vouga, Mondego e Lis), que se situa na parte ocidental da Península Ibérica.

O domínio em referência localiza-se na bacia hidrográfica do rio Lis. Esta bacia abrange uma área de aproximadamente 850,09 km² e tem um perímetro de 256,27 km (PGBH, 2012). A nível geográfico a bacia situa-se no centro de Portugal continental e encontra-se limitada a nordeste pela bacia hidrográfica do Mondego, a oeste pelo oceano Atlântico, a sudoeste pela bacia hidrográfica das Ribeiras do Oeste, a sul pelo Maciço Calcário Estremenho e a este pela bacia hidrográfica do Tejo (Figura 11).

A bacia apresenta uma certa uniformidade morfológica, sendo a altitude média próxima dos 140 metros (PGBH, 2012). A parte inicial da bacia desenvolve-se sobre a terminação norte do Maciço Calcário Estremenho que constitui o seu limite menos marcado pois neste setor, a passagem para as bacias cretácicas situadas a norte é gradual, ao contrário dos

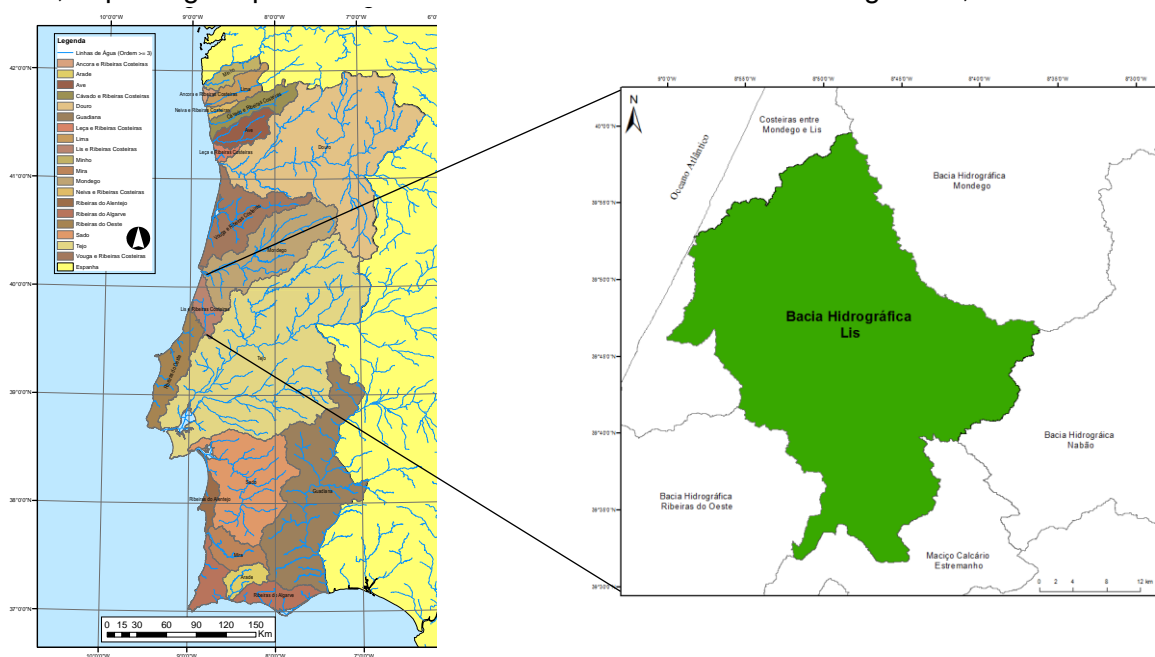


Figura 11- Enquadramento geográfico da Bacia hidrográfica do rio Lis, elaborado em ArcGIS 10.2 (SINIAMB, 2017).

outros limites que são bem marcados por escarpas de falha (Vieira, 2007).

De um modo geral, o relevo é constituído por colinas arredondadas ou truncadas por superfícies mais ou menos planas, que se desenvolvem ligeiramente para noroeste. As únicas exceções são os planaltos e serras das regiões sul, sudeste e este (PGBH, 2012).

As estruturas geológicas presentes na zona sul da bacia apresentam características distintas, o que leva a que nesta zona se atinjam maiores altitudes. Por outro lado, as

estruturas diapíricas e as intrusões ígnea apresentam-se mais incipientes, o que as torna impercetíveis a grande escala.

Na Tabela 2 encontram-se representados os principais parâmetros morfométricos para a bacia do rio Lis.

Tabela 2- Principais parâmetros morfométricos para a bacia do rio Lis (PGBH, 2012).

Área (km ²)	850
Perímetro (km)	256
Nº de segmentos de drenagem	55
Comprimento total rede de drenagem (km)	224
Frequência de drenagem (nº/km ²)	0,1
Densidade da rede de drenagem (km/km ²)	0,3
Altitude mínima (m)	0
Altitude máxima (m)	612
Cota média (m)	142
Desvio padrão da altimetria	112
Declive (%) médio	9
Desvio padrão do declive	10
Índice de rugosidade	162
Coeficiente de rugosidade	2

Perante os resultados conclui-se que a bacia do rio Lis e a sub-bacia do rio Lena apresentam forma alongada.

A bacia pode ser dividida em três setores: montante, intermédio e jusante. No setor a montante o rio Lis percorre o Maciço Calcário Estremenho onde se verificam inúmeras exurgências devido à sua natureza cársica. O setor intermédio desenvolve-se na maioria da bacia e faz-se representar pela elevada densidade de drenagem e pela litologia (arenitos, calcários margosos e margas) que promove o escoamento superficial (LeiriaPolis, 2001). A jusante a densidade de drenagem diminui e os cursos de água apresentam fraco declive longitudinal, o que contribui para que se verifique dificuldades no escoamento superficial (LeiriaPolis, 2001).

Quanto ao regime de escoamento, o rio Lis e os seus afluentes comportam-se como cursos de água do tipo perene, por vezes torrencial, em que se regista forte variabilidade dos caudais ao longo do ano hidrológico (Vieira, 2007).

Os cursos de água principais da bacia são, para além do Lis, o rio Lena, rio de Fora e ribeira do Rio Seco, sendo os principais afluentes do Lis o rio de Fora e as ribeiras do Sirol e dos milagres na margem direita e o rio Lena e o coletor de Amor na margem esquerda, que formam as 5 sub-bacias da bacia hidrográfica do Lis (Figura 12).

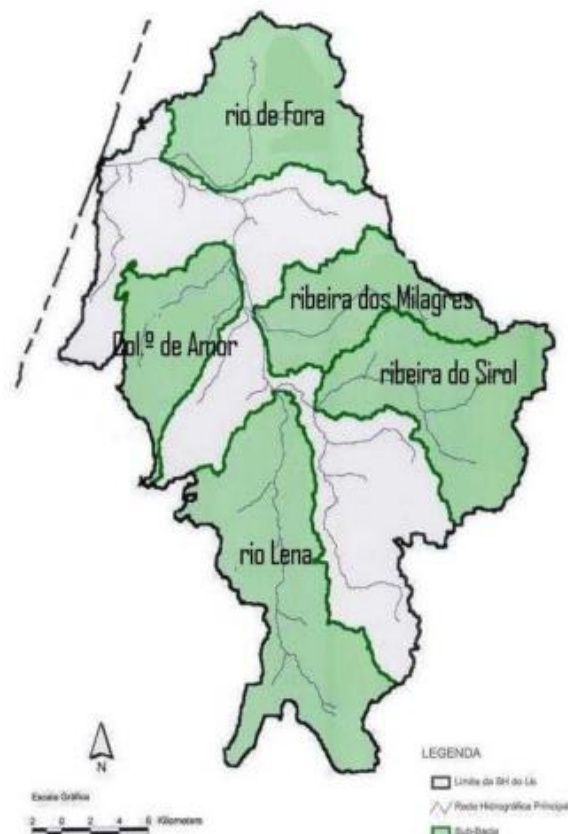


Figura 12- Mapa representativo das sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Lis (Vieira, 2007).

Os vales dos rios Lis e Lena que se orientam no sentido Sul- Norte são vales planos e largos, próprios de planícies aluvionares. O vale do Lis apenas estreita ao atravessar a estrutura diapírica de Leiria, para logo se alargar a jusante da confluência do Lena, apresentando aí uma vasta planície aluvionar (LeiriaPolis, 2001).

O domínio estudado insere-se na sub-bacia do Rio Lena, bacia situada no setor Sul da bacia do Rio Lis.

As entidades geomorfológicas mais importantes presentes na bacia do Rio Lis são o Maciço Calcário Estremenho e o Sistema Aquífero de Maceira.

3.4. Geológico

A área em estudo insere-se na Orla Mesocenozóica Ocidental em domínios da Bacia Lusitânica (ou Bacia Lusitana) (Figura 13). Esta caracteriza-se como uma bacia intracratónica que se desenvolveu na Margem Ocidental Ibérica (MOI), sendo que a sua dinâmica se enquadra na fragmentação da Pangeia, mais especificamente na abertura do oceano Atlântico Norte durante o Mesozoico (Dias, 2005 & Kullberg, et al., 2013).

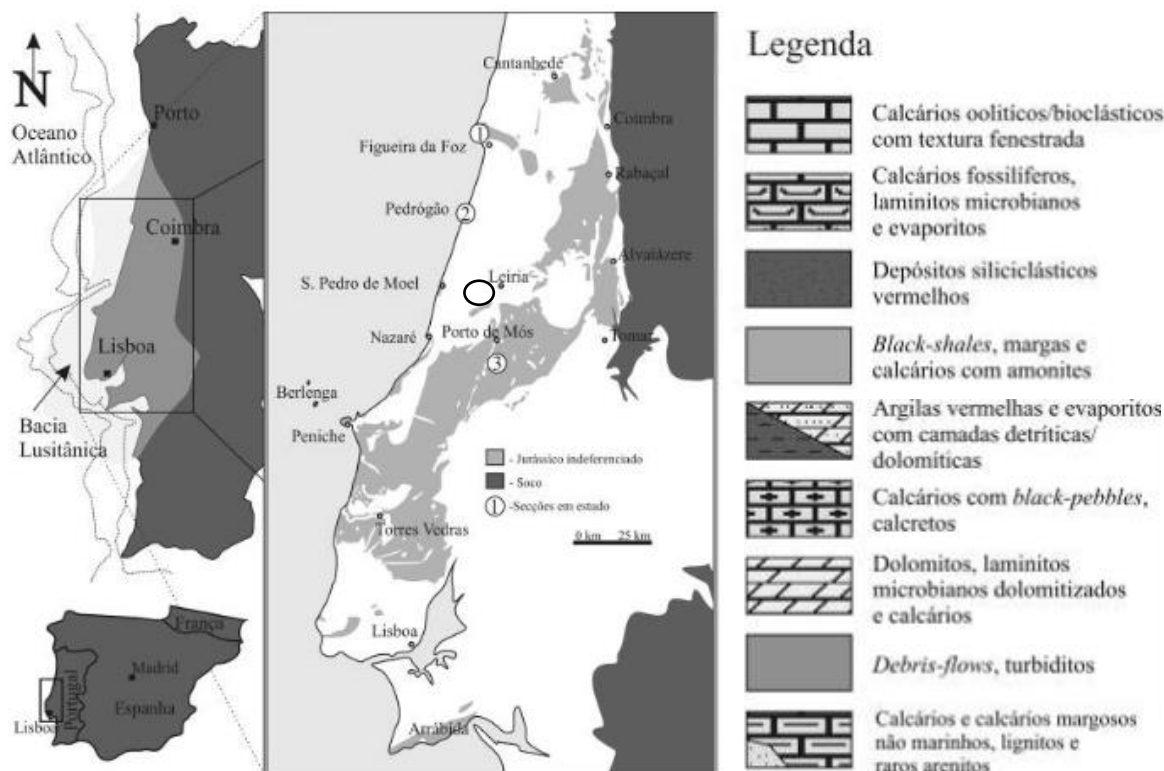


Figura 13- Enquadramento geográfico da Bacia Lusitânica e principais formações rochosas (Silva, et al., 2013).

Tectonicamente a bacia corresponde a um *graben* alongado segundo a direção NNE-SSW, no qual se depositaram sedimentos mesozoicos. Diversos acidentes tectónicos herdados da orogenia varisca com orientação NE-SW e W-E, compartimentam fortemente a bacia com reflexos na sua evolução ao nível da distribuição e espessura das fácies sedimentares (Carvalho et al., 2011).

A estratigrafia, nomeadamente as grandes sequências sedimentares, são limitadas por discontinuidades que refletem as sucessivas etapas evolutivas da bacia. Estas sequências sedimentares podem considerar-se subdivididas em dois grupos: as que refletem o período distensivo (Triássico superior-final do Cretácico) e que são maioritariamente constituídas por rochas carbonatadas- datadas do Jurássico, e siliciclásticas- datadas do Cretácico, e as que

refletem o período compressivo, constituídas, essencialmente, por rochas siliciclásticas. Este período compressivo decorre desde o final do Cretácico até à atualidade, por colisão da microplaca inérica com outras placas, o que levou à inversão da Bacia Lusitânica, justificando a sua atual exposição subaérea das formações rochosas Jurássicas (Carvalho, et al., 2011).

Os sedimentos que constituem a região são na sua maioria terciários pliocénicos, miocénicos e paleogénicos, os quais assentam sobre um substrato jurássico e cretácico (Zbyszewski et al., 1965).

A área em estudo está representada na Carta Geológica de Portugal. escala 1:50000, folha 22-D Marinha Grande (Serviços Geológicos Portugueses, 1965). A Notícia explicativa da Carta referida e Zbyszewski et al. (1965) estabeleceu a seguinte sequência estratigráfica (do mais recente para o mais antigo) para a região:

MODERNO

Aluviões (a) - são pouco desenvolvidos, aparecendo sobretudo na parte oriental do mapa. A sua espessura é reduzida.

Areias de praia (A) - existem ao longo do litoral de norte a sul, sofrendo pequenas interrupções locais.

Dunais e areias de dunas (d) - formam um extenso afloramento ao longo do litoral, atingindo uma largura máxima de aproximadamente 7,5 km entre São Pedro de Moel e Marinha Grande. Mais a este uma parte das areias eólicas misturou-se com as areias pliocénicas desagregadas, havendo por vezes dificuldade em separar umas das outras.

Tufos calcários (Qt) - na região de Maceira e de Paio do Meio existem algumas evidências de tufos calcários com restos de vegetais. Trata-se provavelmente de depósitos de idade neolítica ou mais moderna.

PLI-PLISTOCÉNICO INDIFERENCIADO (P)

Plistocénico - existem ao longo do litoral, alguns retalhos de antigas praias quaternárias.

Pliocénico - aflora desde a parte superior das arribas, desde a Praia Velha, até ao limite sul do mapa. Na parte oriental do mapa os afloramentos pliocénicos constituem uma faixa importante que se estende ao longo de Monte Real, Marinha Grande, Martingança e pataias. Na área a este e sudeste de Martingança as areias pliocénicas formam algumas manchas separadas dos afloramentos principais e cobrem parte das formações mesozóicas.

Miocénico (M) - os depósitos do complexo miocénico formam dois grupos de afloramentos: a) dois grupos de afloramentos que ocupam, um as áreas situadas a noroeste

de Maceira e outro a norte de Albergaria. Trata-se de um complexo constituído sobretudo por grés argiloso, mais ou menos grosseiro, dando passagem com frequência a níveis conglomeráticos com seixos e calhaus rolados de cor amarelada, amarelada-acastanhada, castanho-clara, castanho-ferruginosa, avermelhada, com laivos cinzentos. Os grés conglomeráticos, apresentam por vezes uma boa estratificação entrecruzada a oeste de Martingança. No flanco norte do anticlinal de Maceira, nas barreiras de Palo de Cima, apresenta-se uma sequência, de cima para baixo, de uma série que apresenta as seguinte camadas: 3- grés argiloso, feldspático, cinzento-esbranquiçado com laivos castanhos ferruginosos e outros castanhos; 2- grés finos, argilosos, um pouco micáceos, cinzentos com laivos castanhos-claros, passando lateralmente a uma argila muito arenosa; 1- na base das Barreiras, uma argila cinzenta, com laivos vermelhos-escuros um pouco acastanhados, tem aspeto oligocénico; b) na zona nordeste do mapa, além das formações já referidas, existe um maior desenvolvimento de argilas acastanhadas, acinzentadas e esverdeadas calcárias, com aspeto mais francamente miocénico.

Paleogénico

Complexo greso-argiloso de Feligueira Grande (ϕM) - aflora nas arribas do litoral, entre Canto de Azeche, Vale Furado, Feligueira Grande e Vale do Pardo, um complexo greso-argiloso, cuja base é paleogénica e cuja parte superior, aflora mais a sul, pode ainda pertencer ao miocénico.

Oligocénico e Eocénico indiferenciados (P) - afloram no extremo sul do mapa, a sul de Maceira, um complexo de grés argiloso por vezes conglomerático, branco, esverdeado, acastanhado ou avermelhado, com seixos e calhaus angulosos, achatados e outros rolados, com feldspato alternados e palhetas de mica. Localizados a sul e sudeste de Valverde as referidas formações são em parte cobertas pelas areias pliocénicas.

Eocénico (e possível Senoniano) (E) - nas arribas do litoral, entre o Canto de Azeche e o Vale do furado, aflora um complexo sobreposto ao Turoniano e parecendo ser um equivalente lateral do complexo de conglomerados calcários e tufos vulcânicos.

Cretácico

Turoniano (incluindo as “Camadas com *Neolobites vibrayeanus*” do Cenomaniano superior) (C³) - o complexo forma três grupos de afloramentos: a) entre marinha Grande e S. Pedro de Moel, existem alguns pequenos retalhos de calcários aflorando no meio das areias de dunas; b) na zona do anticlinal de Maceira, os afloramentos de Turoniano e de Cenomaniano formam dois grupos de afloramentos.

No flanco norte do anticlinal os calcários formam um estreito afloramento que se estende entre a estrada de Martingança a Pataias, Paio de Cima e as proximidades e v.g. Brejo Redondo, onde sofre uma interrupção local. Mais a este os calcários reaparecem em Venda dos Pretos prolongando-se até ao limite oriental do mapa, onde passam para a folha de Leiria. A sudoeste e a sudeste de Martingança afloram calcários apinhoados, os quais pertencem provavelmente às camadas com *Neolobites vibrayeanus*, e um calcário branco com *Nerınca nobilis*, *Exogyra cohomba* e polipeiros.

No flanco sul do anticlinal de Maceira os calcários são mal descobertos aflorando entre Melva e Vale Verde. A sul de Maceira, os calcários são mais compactos, por vezes com algumas lages micáceas; c) nas arribas do litoral, Praia da Senhora da Vitória, existem um pequeno afloramento de calcários mais ou menos escuro.

Cenomaniano (com exclusão das camadas com *Neolobites*) (C²) - encontra-se representado na sua base por camadas gresosas que se confundem com os grés do cretácico inferior.

Albiano, Aptiano e possível Neoconiano (C¹⁻²) - trata-se de um complexo de grés argiloso, por vezes muito caulínífero, com níveis muito grosseiros dando passagem a verdadeiros conglomerados, os quais apresentam calhaus rolados, quartzosos, brancos ou pretos, por vezes de grande tamanho. No flanco norte do anticlinal de Maceira, o complexo forma, na área de Pataias, uma larga faixa de afloramentos interrompidos localmente por recobrimentos de areias pliocénicas. Os afloramentos do Albiano-Aptiano acompanham mais ou menos os afloramentos do Turoniano e do Cenomaniano. No flanco sul do anticlinal de Maceira os afloramentos formam uma faixa continua que se estende entre Melva e Vale Verde, apresentando por vezes na sua superfície restos de cobertura pliocénica.

JURÁSSICO

Portlandiano (J⁵) - trata-se de um complexo de grés e de argilas sem fósseis. Na área de Maceira trata-se de margas cinzentas, acastanhadas, avermelhadas e arroxeadas e de grés cinzentos, amarelados e esbranquiçados. Este complexo é coberto por conglomerados e por grés brancos, caulíníferos, do Cretácico inferior.

Kimeridgiano (J⁴) - trata-se de um complexo de margas cinzentas, acastanhadas com laivos vermelhos e de níveis gresosos acastanhados ou cinzentos, por vezes conglomeráticas com fósseis.

Caloviano (J²) - os afloramentos na área de Pocarixa desaparecem a nordeste debaixo do Cretácico e, a oeste, debaixo da cobertura de areias pliocénicas. Trata-se de calcários

margosos amarelados, que correspondem ao Caloviano inferior. Não se conhece nesta área a parte superior do Caloviano que deverá estar coberta pelo cretácico.

Batoniano (J_b^2) - encontra-se representado por um complexo de aproximadamente cem metros de espessura, constituindo de cima para baixo pela seguinte sucessão: 4- calcários brancos, subcristalinos; 3- intervalo coberto de cerca de sessenta metros; 2- calcários compactos; 1- calcários margosos com aproximadamente dez metros.

Bajociano (J_a^2) - é constituído por cerca de quinhentos metros de calcários margosos, apresentando de cima para baixo a seguinte sucessão: Bajociano superior- 13- calcários cinzento-claro de grão fino, compacto; 12- calcário margoso, cinzento-escuro de grão fino; Bajociano médio- é constituído por sessenta e quatro metros de calcário margoso, de margas e de calcários cristalinos; Bajociano inferior- trata-se de um complexo calcário com cento e sessenta metros de espessura.

Lias - está representado por um grupo de afloramentos, sendo que um deles está situado a sudeste, no eixo do anticlinal diapírico de Maceira e o segundo, no litoral, em S. Pedro de Moel. Para o anticlinal diapírico de Maceira apresenta-se a seguinte sucessão, do Aaleniano ao Hetangiano:

Aaleniano (J_h^1) - aflora no eixo do anticlinal de Maceira, apresentando algumas diferenças conforme a posição que ocupa na sua parte ocidental ou central. Assim, na extremidade oeste do anticlinal a série é mais completa e menos espessa, devido a condições especiais de sedimentação e devido à tectónica local.

O Aaleniano superior é constituído de cima para baixo pelas seguintes camadas: 2- calcários sublitográficos; 1- calcários compactos, cinzentos, em bancadas espessas. Na parte oriental do anticlinal de Maceira, o Aaleniano superior apresenta algumas bancadas mais rijas. O Aaleniano inferior está representado pelas seguintes formações: 3- bancadas com nódulos de calcários margosos, separados por margas cinzentas (3-5 metros) da zona de *Pleydellia aalensis*; 2- Margas cinzentas com pequenas amonites piritosas (2-3 metros); 1- a base do Aaleniano e a parte superior do Toarciano são constituídas por camadas margosas com grandes *Hammatoceras*. Considerando as diferenças entre a parte ocidental e a parte central do anticlinal, verifica-se que no Aaleniano inferior as margas cinzento-azuladas com fósseis piritosos, são poucos espessas a oeste. De mesmo os calcários, com pequena espessura, representam um tipo de sedimentação muito diferente das formações calcárias da parte central.

Toarciano (J_g^1) - o Toarciano superior aparece representado por calcários margosos a sul da estrada de Maceira para Martingança. O Toarciano médio está representado por 60

metros de margocalcários, passando a calcários margosos. O Toarciano inferior apresenta-se a sul de A-dos-Barbas, sendo constituído pelas seguintes camadas: 11- margas esbranquiçadas; 10- calcários margosos, cinzentos-claros; 9- calcários com plaquetas; 8- calcários em bancadas espessas de cor cinzento-escura com laivos ferruginosos; 7- calcários brandos; 6- margas xistosas. Na parte oriental do anticlinal de Maceira, apresenta-se um bloco de calcário margoso um pouco xistoso do Toarciano inferior. Mais a norte os calcários apresentam-se margosos e brandos.

Domeriano (J_f^1) - o Domeriano superior encontra-se representado a área de Lameiras, sendo constituído por calcários compactos, margosos, amarelados, em bancadas separadas por margas xistosas. Na parte oriental do anticlinal, nas proximidades de Porcariça, o Domeriano apresenta-se com o mesmo aspeto e com as mesmas amonites.

Carixiano (Plienabaquiano) (J_e^1) - nas proximidades de A-do-Barbas encontra-se representado por calcários em leitos delgados, com zonas apinhoadas e alteração em nódulos.

Lelaringiano (J_d^1) - encontra-se representado a sul de A-do-Barbas por um calcário margoso, cinzento-escuro, muito compacto (2-3 metros).

Sinemariano (J_c^1) - devem pertencer a este andar espessas bancadas de dolomia acinzentada e amarelada e de calcários dolomíticos (cerca de 30 metros), os quais afloram nas áreas de Lameiras e de A-dos-Barbas.

Hetangiano (J_b^1) - está representado, na área de Lameiras, por margas cinzentas com gesso. Noutros locais forma pequenos retalhos de margas vermelhas e de calcários dolomíticos.

ROCHAS ERUPTIVAS

Os seus afloramentos são distribuídos em duas zonas distintas: a) a oeste, nas proximidades de S. Pedro de Moel; b) a sudeste, nas imediações de maceira.

Doleritos e gabros doleríticos (δ) - apresenta-se sob forma de um filão quer junto de Maceira (com orientação NE-SW), quer a nordeste da Pocariça, apresentando a rocha uma constituição semelhante, mas no segundo caso mais alterado.

Teschenitos (θ) - encontram-se nas proximidades de S. Pedro de Moel. A associação mineralógica é definida pela associação labrador-augite-horneblenda, magnetite, ilmenite e apatite são constituintes acessórios.

Andesitos (α) - encontra-se representado por uma rocha do mesmo tipo, menos básica do que os precedentes.

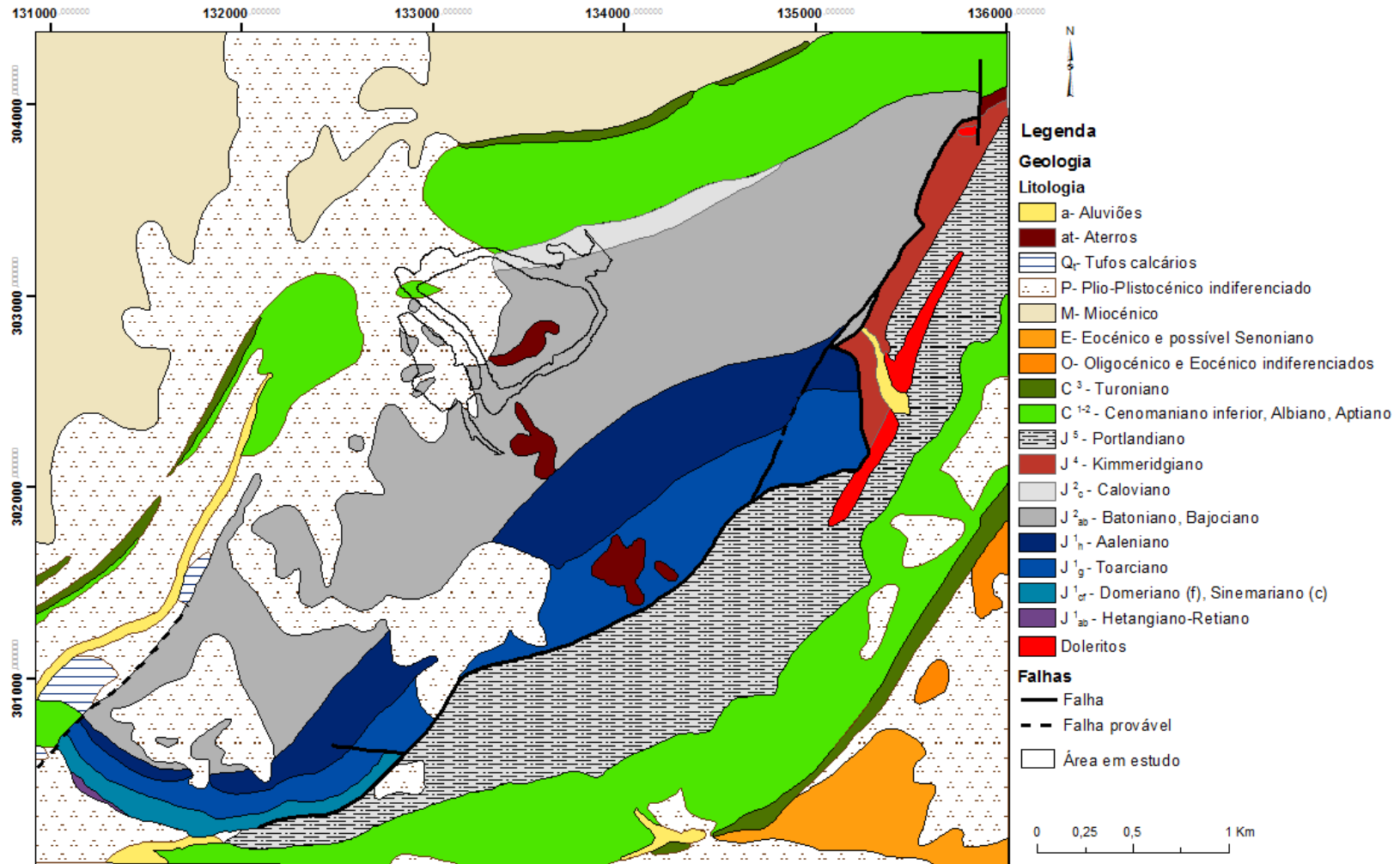


Figura 14- Extrato Carta Geológica de Portugal, escala 1:50000, Folha 22-D Marinha Grande dos Serviços Geológicos Portugueses (elaborada em ArcGIS 10.2.).

3.5. Hidrogeológico

O território de Portugal Continental comporta quatro grandes Unidades hidrogeológicas (Figura 15): Maciço Antigo (A); Orla Meridional (M); Orla Ocidental, (O) e Bacia do Tejo-Sado (T).

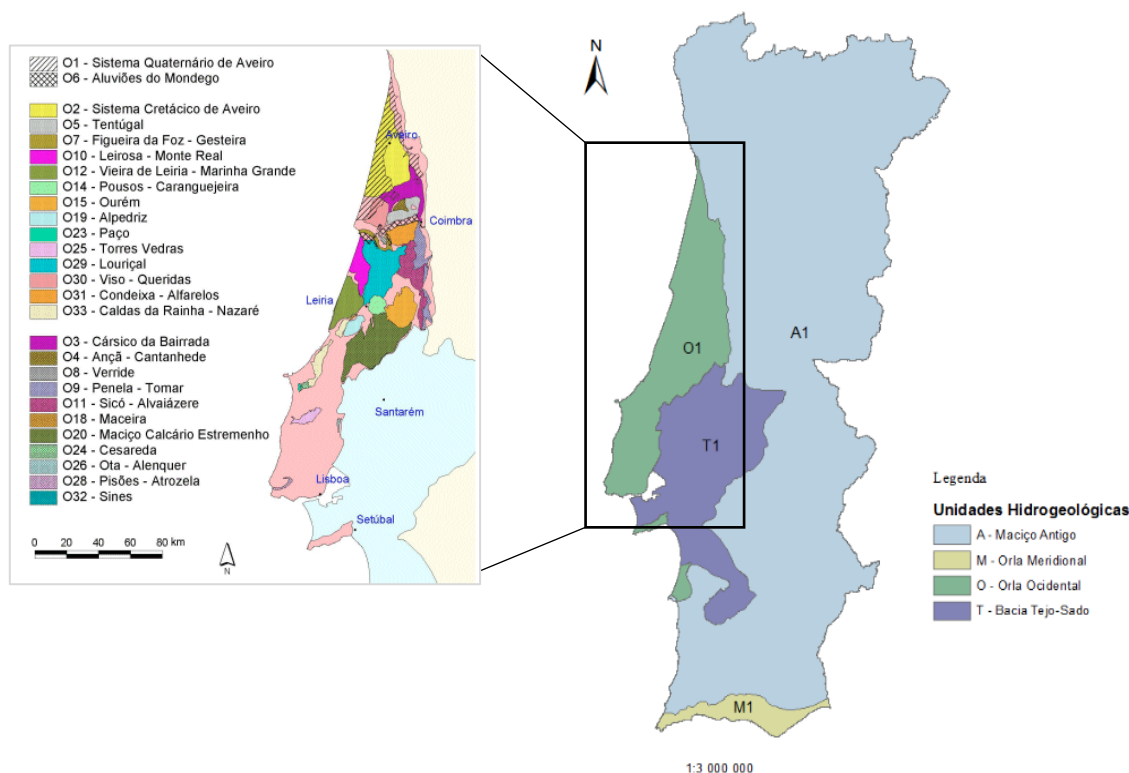


Figura 15- Unidades Hidrogeológicas em Portugal Continental e individualização dos Sistemas aquíferos da Unidade da Orla Ocidental (SNIRH).

A área em estudo localiza-se na Unidade hidrogeológica da Orla Ocidental, que se caracteriza essencialmente por ser constituída por formações sedimentares detríticas e carbonatadas, onde se encontram aquíferos produtivos e com recursos hídricos abundantes.

A região é composta por diversos Sistemas aquíferos (Figura 15) que se encontram relacionadas com a geologia e tectónica local. Tais características promovem a diversidade de comportamentos hidrogeológicos, que se traduzem na existência de aquíferos, aquíferos e aquíferos.

Na região são perceptíveis dois grandes tipos de meios aquíferos - porosos e cársicos. Os primeiros evoluem em formações detríticas Mesozóicas e algumas Terciárias (tipo multicamada); os segundos assentam em calcários e dolomitos (Carraça, 2015).

O domínio estudado nesta dissertação insere-se no Sistema Aquífero de Maceira (O18). Este Sistema aquífero é composto por rochas Jurássicas por vezes com elevada carsificação.

4. Caracterização física local

Neste ponto são abordadas as características físicas do domínio estudado, nomeadamente as características topográficas, hidrográficas, hidrológicas e geológicas.

4.1. Topografia

A área em estudo encontra-se representada na Carta Topográfica 1:50.000 do Instituto Geográfico Português, Folha nº 296 – Marinha Grande.

A topografia da zona é pouco acidentada, verificando-se que as cotas variam entre os 100 m e os 200 m. A CMP, assim como as outras freguesias em redor implantam-se no denominado “planalto de Maceira” (PDM de Leiria, 2010). As cotas mais elevadas encontram-se relacionadas com a geologia e a tectónica local, que evidenciam a resistência aos processos erosivos. Na zona envolvente da área em estudo evoluiu o “anticlinal diapírico de Maceira” (Figura 17).

Localmente, os terrenos internos ao perímetro onde se encontra implantada a exploração apresentavam cotas iniciais na ordem dos 160 m a 170 m (Figura 16).

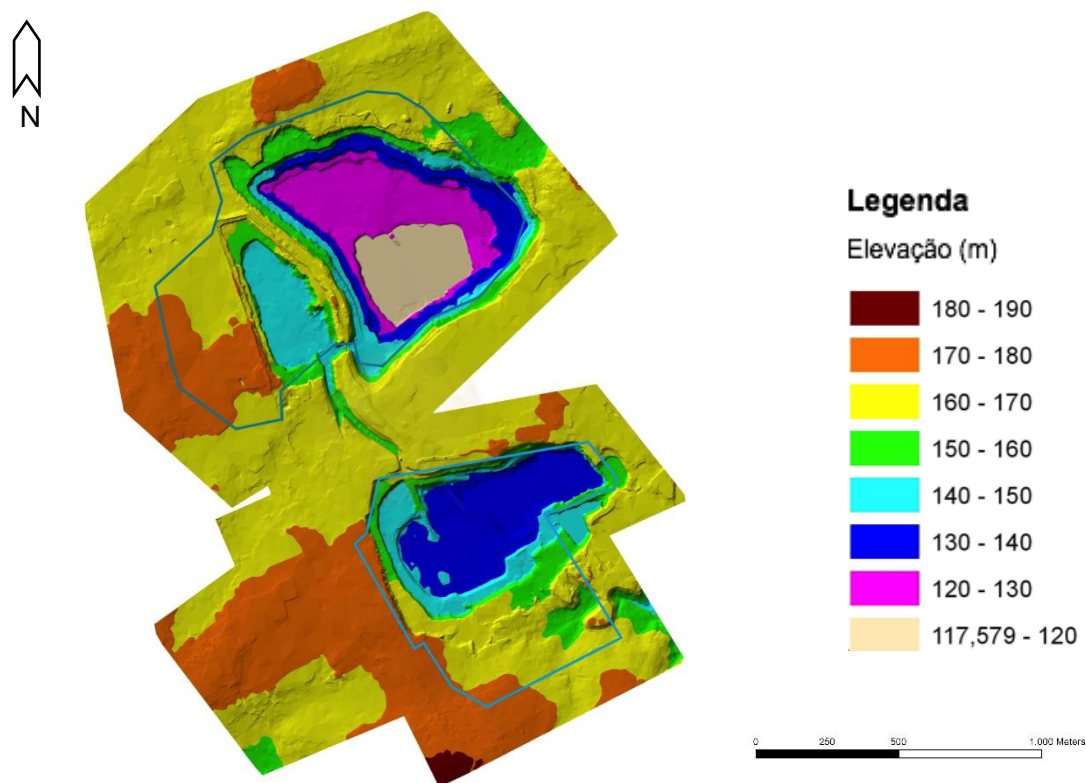


Figura 16- Modelo Digital do Terreno (MDT) da área em estudo (criado no software ArcGIS) (CMP, 2017).

Com o progredir dos processos de desmonte na pedreira, as cotas foram diminuindo progressivamente de forma controlada e sustentada, podendo atingir a cota 80 m na geometria final. Perfis elaborados com direção N-S e E-W, mostram uma diminuição progressiva de cota na zona de exploração que atualmente varia entre os 50 m e os 60 m.

4.2. Hidrografia

Praticamente toda a extensão da área em estudo insere-se na pequena Bacia hidrográfica da Ribeira de Maceira, com exceção de uma zona a sudoeste que se insere na Bacia hidrográfica do Rio Pisões (ambi22- Estudos e Projectos em Ambiente, 2005). A Bacia Hidrográfica da Ribeira de Maceira encontra-se integrada na sub-bacia do Rio Lena que, por sua vez se localiza na bacia hidrográfica do Rio Lis.

Através das coordenadas do perímetro da pedreira foi possível elaborar o modelo digital do terreno (MDT) da área em estudo, sendo representada pela (Figura 16). A bacia local apresenta direção geral NNW-SSE e densidade de drenagem muito reduzida devido à geologia cársica que promove a infiltração.

As principais linhas de água na envolvente da zona em estudo são a Ribeira de Maceira e o Rio Pisões (ambi22- Estudos e Projectos em Ambiente, 2005). A Ribeira de maceira é a designação atribuída ao troço inicial da Ribeira da Várzea, afluente da margem esquerda do rio Lena, (VISA Consultores, 2005). Por outro lado, e já no exterior da área em estudo, mas pertencente ao domínio da CMP, o Rio Pisões (afluente do Rio Areia que desagua no Rio Alcobaça), pertencente à rede hidrográfica das Bacias Hidrográficas do Oeste (ambi22- Estudos e Projectos em Ambiente, 2005).

A linha de água mais próxima da zona em estudo é um afluente da margem direita da ribeira de Maceira. Apresenta um sentido de escoamento segundo a direção geral SW-E e em termos de regime, caracteriza-se por ser uma linha de água do tipo torrencial, apresentando forte variabilidade de caudais ao longo do ano hidrológico (ambi22- Estudos e Projectos em Ambiente, 2005).

Para a zona de descarga da ribeira afluem as águas provenientes da pluviosidade e as resultantes da bombagem diária do fundo da pedreira. Este processo é indireto, uma vez que a água extraída é previamente armazenada num tanque, distribuída/utilizada pela fábrica e só depois inserida na rede hidrográfica.

Devido à natureza dos solos e às alterações na superfície, verifica-se que apenas uma parte da área total da bacia contribua de forma direta para as aflúncias às linhas de água, sendo que na maioria da sua área a pluviosidade infiltra-se diretamente nas zonas de

afloramento e o escoamento aflui para as pedreiras e massas de água existentes na zona superior da bacia (Visa Consultores, 2005).

4.3. Hidrológico - Balanço hídrico

Na caracterização climatológica inserida no estudo dos impactos nos recursos hídricos subterrâneos na Pedreira “Martingança-Maceira”, elaborado pela Visa Consultores em 2005, foram utilizados elementos climatológicos de duas estações climatológicas, instaladas no concelho de Leiria, próximas à área em estudo - Estação de Maceira (Lis) (Udométrica, para o parâmetro precipitação) e estação da Cela - (climatológica, para o parâmetro temperatura). Ambas as estações climatológicas encontram-se incluídas na Baía Hidrográfica das Ribeiras do Oeste e apresentam séries distintas, nomeadamente 71 anos (1926/96) para a estação de Maceira (Lis) e 45 anos (1950/94) para a estação Cela.

No referido estudo o principal objetivo foi determinar o volume de água disponível para infiltração e escoamento superficial, tendo por base a determinação da evapotranspiração potencial e real pelo método de Thornthwaite (1948), utilizando o balanço hidrológico sequencial mensal. De forma a obter um refinamento dos valores determinados, procedeu-se ao cálculo da evapotranspiração real pelos métodos de Turc (1955) e Coutagne (1954).

Para elaborar o balanço hídrico sequencial (resultados na Tabela 3), a Visa Consultores (2005, 2013 e 2014) considerou uma capacidade de campo de 100 mm, uma vez que na área da pedreira os solos são do tipo Cambissolos calcários pouco espessos.

Tabela 3- Balanço hídrico sequencial mensal para a zona de Leiria (considerou-se uma capacidade de campo de 100 mm (Visa Consultores, S.A., 2005 citado em Visa Consultores, 2013).

MES	I	P	EUP	EUR	R
OUT	15.8	91.6	63.9	63.9	0.0
NOU	12.8	124.9	39.4	39.4	13.2
DEZ	10.8	148.4	31.0	31.0	117.4
JAN	10.1	137.6	29.3	29.3	108.3
FEB	10.7	115.4	28.4	28.4	87.0
MAR	12.1	106.4	46.8	46.8	59.6
ABR	12.9	77.9	53.4	53.4	24.5
MAI	14.9	66.1	76.1	76.1	0.0
JUN	17.0	29.4	89.6	89.6	0.0
JUL	18.4	9.0	105.0	38.8	0.0
AGO	18.4	10.1	97.9	10.1	0.0
SET	17.7	39.7	78.7	39.7	0.0
	14.3	956.5	739.4	546.4	410.1
Capacidade de campo = 100		reserva inicial = 0		reserva final = 0	
ESC. TOTAL = 410.1					
EUR<THORNT.>= 546.4		EUR<TURC>= 584.7		EUR<COUTAGNE>= 630.0	

O balanço hídrico sequencial mensal apresenta valores de evapotranspiração real semelhantes para os três métodos descritos, sendo de 546 mm/ano, 585 mm/ano e 630 mm/ano para o método de Thornthwaite, Turc e Coutagne, respetivamente.

Perante o balanço hídrico apresentado obtiveram-se valores de *superavit* hídrico (ou excedentes hídricos) na ordem dos 410 mm/ano, onde se estabeleceu que este parâmetro englobava o escoamento superficial e a infiltração.

O mesmo estudo evidencia que na zona da pedreira poderá admitir-se uma recarga aquífera superior a 30% da precipitação atmosférica (por analogia com os valores estimados para o Sistema Aquífero do Maciço Calcário Estremenho) que poderá atingir todo o *superavit* hídrico. Assim, o escoamento superficial será muito diminuto ou inexistente. A rede de drenagem incipiente na área de afloramento do Jurássico inferior e médio confirmam os valores acima apontados.

É de referir que segundo o Relatório da Visa Consultores (2005, 2013 e 2014), o balanço hídrico global acima descrito, é concordante com os dados apresentados pelo Atlas do Ambiente, que menciona valores médios de escoamento entre 200 a 300 mm/ano na rede hidrográfica da região.

Utilizando a série de dados disponíveis de precipitação e temperatura atmosféricas do período 1985/86 a 2015/16 e fazendo uso dos dados das estações meteorológicas acima mencionadas, elaborou-se um balanço hídrico com o objetivo de aferir os valores acima apresentados de evapotranspiração real e de excedente hídrico.

Nos balanços hídricos elaborados -Tabela 4 e Tabela 5, e tendo em consideração que a área em estudo é ocupada com uma indústria extrativa e os solos têm uma capacidade de retenção da água baixa utilizaram-se valores de capacidade de campo de 100 mm (como no Relatório da Visa Consultores, 2005, 2013 e 2014) e de 50 mm.

Para uma capacidade de campo de 100 mm, obteve-se uma evapotranspiração real de 536,87 mm/ano e um excedente hídrico de 337,43 mm/ano (Tabela 4).

Para uma capacidade de campo de 50 mm, obteve-se uma evapotranspiração real de 468,90 mm/ano e um excedente hídrico de 387,31 mm/ano (Tabela 5).

Tabela 4- Balanço hídrico sequencial mensal para a zona em estudo - Pedreira "Martingança-Maceira" (capacidade de campo de 100 mm).

Mês	P (mm)	T (°C)	ETP (mm)	EXC (mm)	ETR (mm)
Out	110,60	15,90	60,52	0,00	60,52
Nov	108,00	12,30	36,00	22,08	36,00
Dez	127,70	10,60	28,47	99,23	28,47
Jan	132,90	9,40	24,69	108,21	24,69
Fev	102,10	10,40	28,49	73,61	28,49
Mar	54,20	12,10	43,73	10,47	43,73
Abr	76,90	13,10	53,07	23,83	53,07
Mai	64,50	15,40	75,06	0,00	75,06
Jun	28,40	17,60	91,81	0,00	91,81
Jul	9,00	18,80	102,30	0,00	35,03
Ago	12,70	19,10	97,53	0,00	12,70
Set	47,30	18,00	78,35	0,00	47,30
Anual	874,30	14,39	720,01	337,43	536,87

Tabela 5- Balanço hídrico sequencial mensal para a zona em estudo - Pedreira "Martingança-Maceira" (capacidade de campo de 50 mm).

Mês	P (mm)	T (°C)	ETP (mm)	EXC (mm)	ETR (mm)
Out	110,6	15,9	60,50	0,01	60,50
Nov	108	12,3	36,00	72,00	36,00
Dez	127,7	10,6	28,50	99,20	28,50
Jan	132,9	9,4	24,70	108,20	24,70
Fev	102,1	10,4	28,50	73,60	28,50
Mar	54,2	12,1	43,70	10,50	43,70
Abr	76,9	13,1	53,10	23,80	53,10
Mai	64,5	15,4	75,10	0,00	75,10
Jun	28,4	17,6	91,80	0,00	67,80
Jul	9	18,8	102,30	0,00	9,00
Ago	12,7	19,1	97,50	0,00	12,70
Set	47,3	18	78,30	0,00	47,30
Anual	874,30	14,39	720,00	387,31	486,90

Os balanços hídricos calculados revelam grande similaridade em comparação com os valores apresentados nos Relatórios internos apresentados pela Visa Consultores no ano de 2004, 2005, 2013 e 2014.

É de referir que ocorrem lacunas nas sequências de dados mensais de precipitação e de temperatura utilizadas nos balanços feitos neste estudo.

4.4. Geologia

A geologia local encontra-se fortemente interligada com a evolução paleogeográfica da Bacia Lusitânica, que contribuiu como mecanismo modelador químico e estrutural local das rochas desde o Jurássico inferior até ao Cretácico (Kullberg et al., 2013).

Como referido no Capítulo 3 a área em estudo está representada na Carta Geológica de Portugal. escala 1:50.000, folha 22-D Marinha Grande (Serviços Geológicos Portugueses, 1964) (Figura 17).

Nos Relatórios internos (Plano de Pedreira: Pedreira de calcário n.º 9:” Martingança-maceira, Visa Consultores, 2005; Visa Consultores, 2013) disponibilizados pela CMP apresentam-se esboços (carta e perfis) da geologia e estrutura locais (Figura 18).

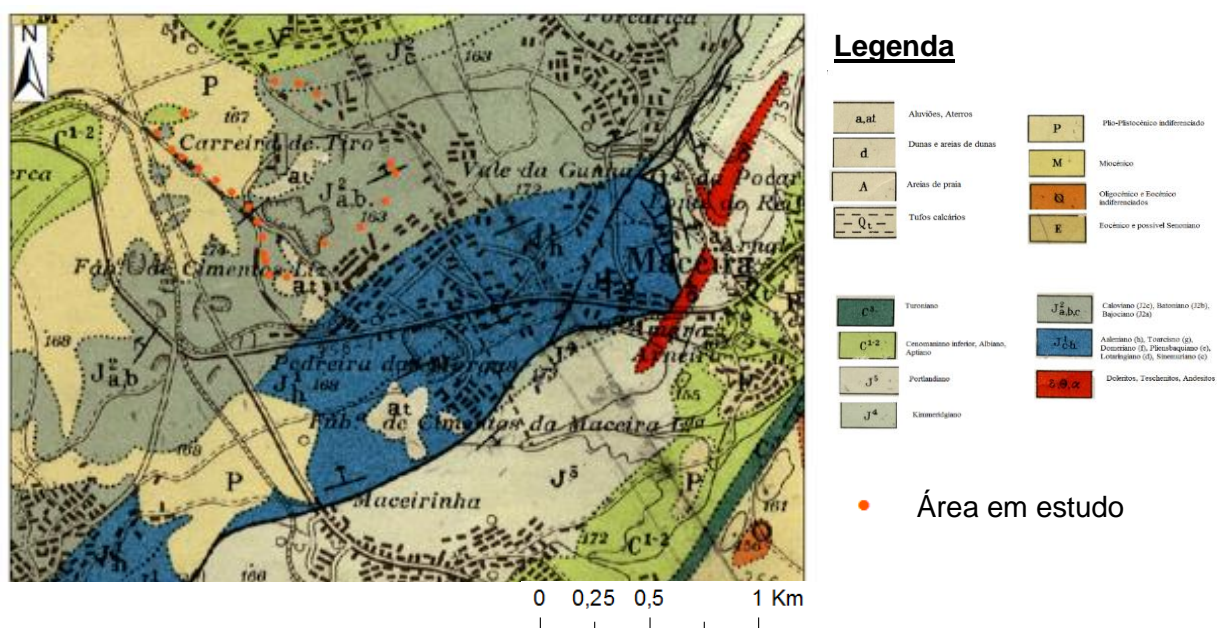


Figura 17- Fragmento da Carta Geológica de Portugal. escala 1:50.000, folha 22-D Marinha Grande (Serviços Geológicos Portugueses, 1964) representando a geologia da área estudada.

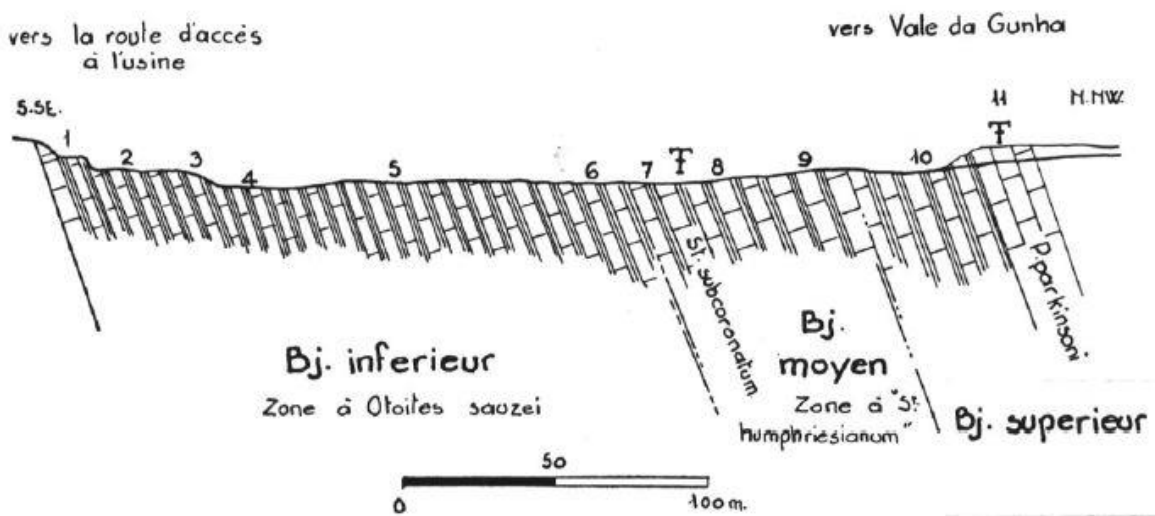
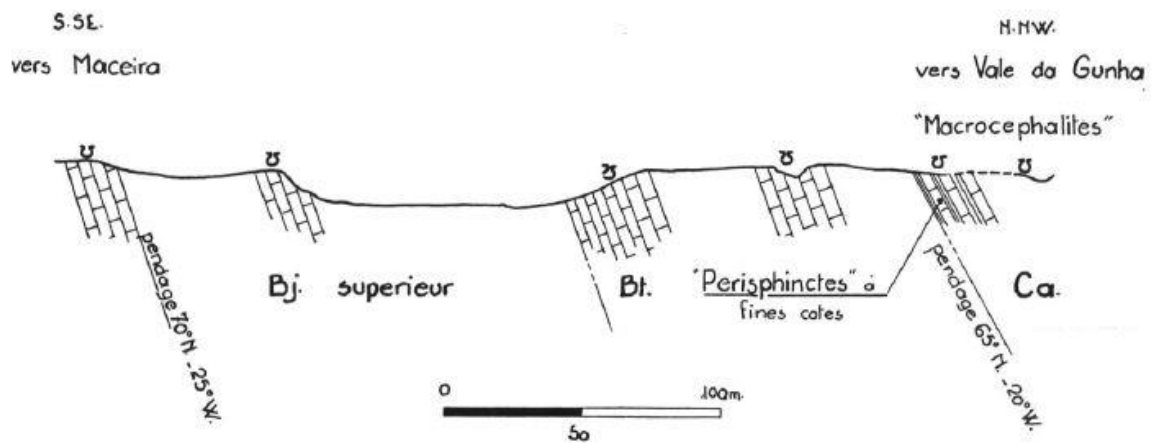
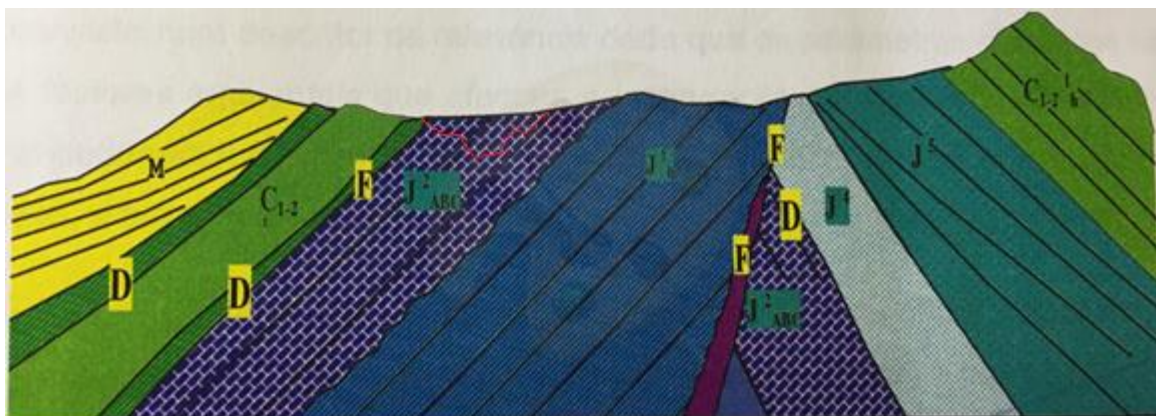


Figura 18- Esboços ilustrativos da geologia do domínio estudado com direção SSE-NNW (Lauverjat (1982), citados em Relatório da Visa consultores, 2005).

Na Figura 19 encontra-se representado, de forma esquemática, sem escala, o modelo geológico do anticlinal segundo ambi22- Estudos e Projectos em Ambiente (2005), com representação da pedraira “Martingança-Maceira” e das unidades geológicas que compõe a zona em estudo.



Legenda

M- Miocénico	J ⁴ - Kimmeridgiano
C ¹⁻² - Cenomaniano inferior, Albiano e Aptiano	J ^{2_{abc}} - Caloviano, Batoniano e Bajociano
J ⁵ - Potlandiano	J ^{1_h} - Aaleniano
D- Discordância	F- Falha

Figura 19- Carta e Corte (direção N-S) representativos da geologia da zona em estudo (em ambi22- Estudos e Projectos em Ambiente, 2005).

Segundo os relatórios internos cedidos pela CMP, o ambiente de deposição varia entre o Jurássico inferior e o Jurássico superior, atingindo o Cretácio no limite norte da exploração. O ambiente mais recente de deposição corresponde ao Jurássico superior e o mais antigo ao Jurássico inferior (Marques, 1993), que corresponde a um período inicial do oceano Atlântico. Este facto levou a uma transgressão, em que o mar atinge a zona de Coimbra e Tomar, estando a área em estudo inserida na bacia oceânica, que é caracterizada por uma sedimentação margosa (Marques, 1993). No Jurássico médio verificou-se uma regressão, que levou a um aumento progressivo da componente carbonatada, que durante o Batoniano atinge valores mais elevados, que são correspondentes à fácies de plataforma (Marques, 1993). No Jurássico superior, a bacia reduz-se ainda mais, acabando por desaparecer completamente. As fácies marinhas desaparecem, dando lugar a terrenos de características continentais (Marques, 1993).

Localmente, a estrutura geológica com maior evidência é o “Anticlinal diapírico de Maceira”, cujas formações diapíricas não afloram (Kullberg, 2000), apresenta uma orientação NE-SW e forma sigmóidal. O referido anticlinal prolonga-se a NE pela estrutura salífera de Parceiros e Leiria, enquanto que na extremidade W, o anticlinal inflete primeiro para NW e após descrever uma larga curva para SSW, une-se com o diapiro de Caldas da Rainha (Zbyszewski, et al., 1965). Nas Figura 17, Figura 18, Figura 19 e Figura 21, representam a geologia da região de Maceira.

Os trabalhos de campo efetuados na CMP permitiram aprofundar o conhecimento das características litológicas e estruturais locais. Assim, e de acordo com a Carta Geológica de Portugal à escala 1:50.000, folha 22-D Marinha Grande e os Relatórios internos cedidos pela CMP, (Marques, 1993; Visa Consultores 2005, 2013) a sequência litostratigráfica local compreende formações com idades desde a época Jurássica até ao Moderno, e inclui as seguinte sucessão litostratigráfica:

- **Moderno**: material arenoso de cor amarela que cobrem as várias unidades geológicas subjacentes. Encontra-se representado no setor C, D e E, mostrando maior incidência na zona NW da pedreira. Estas areias são finas a médias e uniformes. A sua espessura é reduzida, não ultrapassando normalmente os dois metros;

- **Pliocénico (P)**: surge como preenchimento de depressões e cavernas, originadas pela evolução cársica dos terrenos calcários. É constituído por argilas micácias, que variam de cores cinzentas a esverdeadas e acastanhadas e apresentam grão fino. Nos primeiros pisos dos setores C, D e E apresentam-se como material de preenchimento de algumas aberturas nos planos de estratificação e diaclases. São consideradas zonas de grande permeabilidade, sendo responsáveis pela infiltração de águas pluviais;

- **Cretácico (C¹⁻²)**: surge como limite norte dos calcários Jurássicos explorados na pedreira de calcário. É constituído por um complexo de grés argiloso, por vezes cauliníferos, com níveis grosseiros que apresentam calhaus rolados quartzosos. O pendor das camadas varia entre os 25° e os 50° de inclinação;

Jurássico Superior: encontra-se representado no flanco SE do anticlinal de Maceira, após a ocorrência da falha que corta a estrutura acima referida.

Jurássico médio: unidade dominante na área representativa da pedreira.

- **Caloviano (J^{2c})**: constitui a parte mais a norte da pedreira, em contacto com o cretácico, estando representado por calcários margosos de cor amarelada. Nos pisos superficiais verifica-se carsificação intensa e outros esmagamentos, assim como recristalização de calcite nos planos de estratificação. A espessura das camadas é variável, podendo atingir os 2 metros.

A presença de água é visível nas zonas carsificadas e nos planos de estratificação e diaclases. Esta pequena faixa deverá englobar uma pequena parte do topo norte da pedreira, nomeadamente nos setores C e D da pedreira;

- **Batoniano (J^{2b})**: encontra-se representado na zona N e NNE, setor C e D da pedreira, sendo constituídos por calcários compactos cinzentos que apresentam tons amarelados nas zonas superficiais, ou noutras zonas mais profundas, mas onde se verifica a circulação de

água. Em ambos os setores observa-se a presença de fósseis, mas especificamente Amonites nos pisos menos profundos e Belemnites de forma mais disseminada pelos diversos pisos da exploração.

No setor D é visível a recristalização da calcite, quer nas diaclases, quer nas aberturas dos planos de estratificação nos pisos superiores. Com o aumento da profundidade o mesmo já não se verifica na íntegra, aparecendo a calcite apenas nas diaclases, atuando como uma “capa de revestimento”.

No setor E a calcite perde expressão e os minerais apresentam uma diminuição gradual do tamanho. A calcite assume uma cor entre o branco leitoso e amarelo-acastanhado, não existindo um tamanho padrão.

O limite entre o Bajociano e o Batoniano corresponde a uma passagem de calcário margoso para calcário sub-cristalino. Este limite coincide com uma depressão de grandes dimensões preenchidas por saibros instalada em zona de falha;

- **Bajociano (J^2_a):** surge exposto na zona inicial da pedreira, setores A, B, E e F, sendo caracterizado de início por alternancias de calcário margoso cinzento escuro, com bancadas espessas de calcário margoso para calcário de tons brancos e rosados.

Na zona NW da pedreira, nos setores B e C, com o aumento da profundidade, verifica-se, por vezes, uma diminuição da espessura das camadas e uma maior tectonização. Por vezes, na zona sul da pedreira, nomeadamente nos setores A e F, não é perceptível a cor, espessura e circulação hídrica das camadas, uma vez que a implantação de instalações, conjugado com a segurança e recuperação florestal dos taludes já explorados, dificulta a observação. No entanto, quando as camadas se encontram sem vegetação, denota-se menor abertura entre planos de estratificação e menor espessura das camadas, sendo uma zona mais preservada.

No Bajociano médio e superior a estratificação é mais monótona com bancadas de 30 a 60 centímetros de espessura de calcário margoso.

O contacto entre o Bajociano superior e o Batoniano parece corresponder a uma zona mais calcária onde são visíveis grandes bolsas de argilas e areias pliocénicas, levando a que se observe um aumento da componente carbonatada.

Júrrassico inferior: encontra-se representado na pedreira de marga, a sul da pedreira em estudo e da Fábrica de Cimento.

- **Aaleniano (J^1_n):** o limite entre o Aaleniano e o Bajociano encontra-se sob a Fábrica de cimento e põe em contacto os calcários com as margas. A sua parte média e inferior está exposta a sul da Fábrica.

- **Toarciano (J^1_g):** aflora na zona central da pedreira. Inicialmente encontram-se margas calcárias, que passam gradualmente a calcários margosos progressivamente mais compactos. Quando se atingiu a zona central no 1º piso verificou-se uma mudança na estratificação, que deve corresponder ao Toarciano inferior, constituída por calcários margosos em estratos finos que correspondem aos calcários em plaquetas típicos deste andar;

- **Domeriano (J^1_r):** unidade aflorante na zona mais a sul dos domínios da CMP. A este andar devem corresponder os terrenos a SE da pedreira de marga. Neste zona não ocorrem afloramentos superficiais, mas a depressão existente e os resultados das sondagens permitem definir uma zona inicial calcária ainda junto da pedreira passando para zonas mais margosas junto da linha de água, que deve coincidir com a falha que faz terminar o Jurássico inferior.

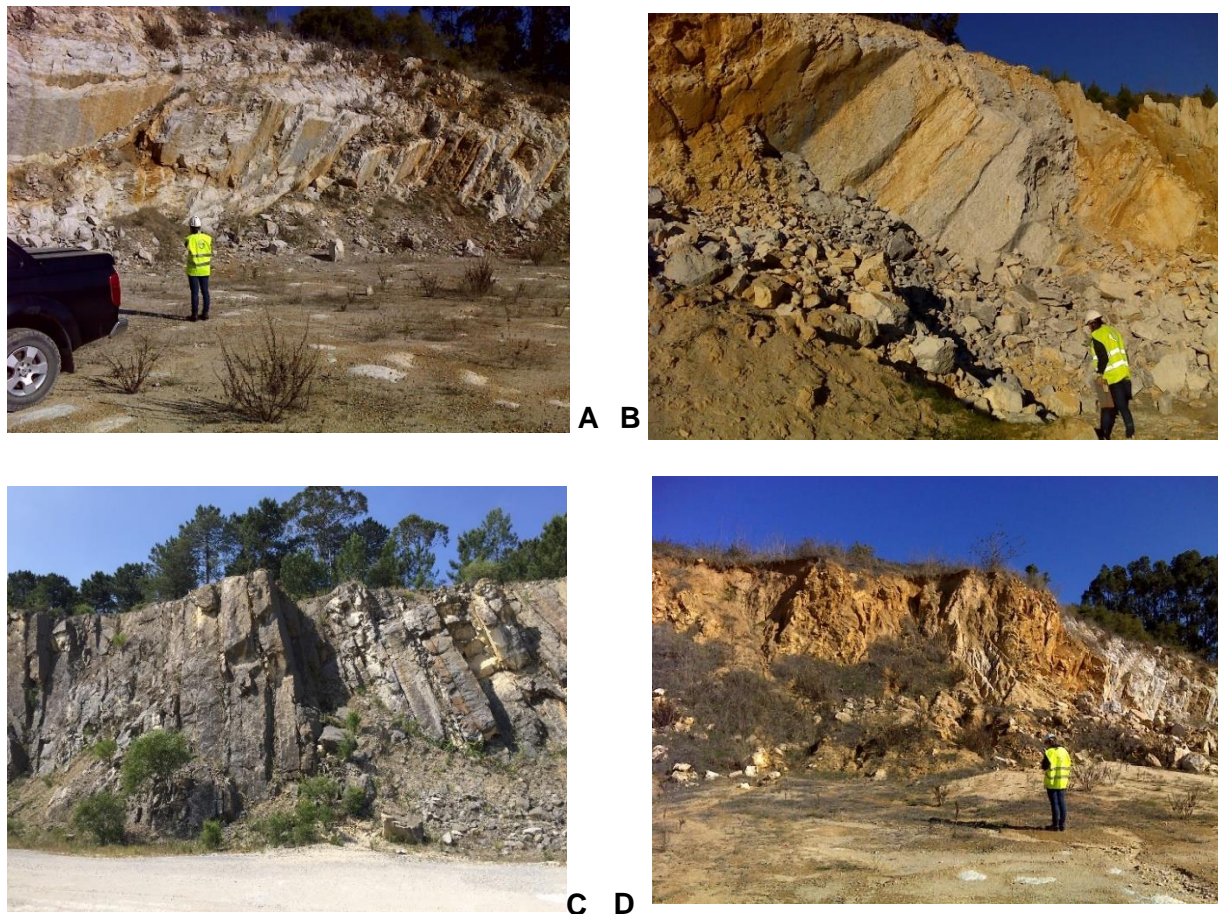


Figura 20- Imagens da zona estudada com representação dos diferentes andares do Jurássico médio: A- Bajociano setor E; B- Batoniano setor D; C- Batoniano setor C; D-Bajociano setor E (ver localização dos setores na Figura 2).

4.5. Caracterização tectónico-estrutural

Segundo o Plano de Pedreira (2005) da ambi22- Estudos e Projectos em Ambiente (2005), na pedreira de “Martingança-Maceira” os maciços carbonatados de formações margosas e margo-calcárias apresentam-se bastante fraturados como resultado do intenso tectonismo que caracteriza a geologia local e regional.

Dado que o anticlinal de Maceira é uma estrutura assimétrica, em que o eixo/charneira é coincidente com uma falha inversa/cavalgante de desenvolvimento NE-SW, as camadas nas áreas de exploração mostram-se genericamente mergulhantes para o quadrante norte (ambi22- Estudos e Projectos em Ambiente, 2005).

Localmente, verifica-se a convergência de falhas de maior expressão que se traduzem por esmagamento e por fraturação acrescida dos materiais afetados, como é observado nas formações calcárias como estérias de movimento. Tal facto contribuiu para a compartimentação do maciço (ambi22- Estudos e Projectos em Ambiente, 2005).

Do ponto de vista estrutural, o Anticlinal diapírico de Maceira consiste numa série carbonatada jurássica, que coloca em contacto o Jurássico superior e o Jurássico inferior através de uma falha longitudinal, que se encontra fortemente afetada por uma tectónica diapírica (Figura 21). A estrutura apresenta forma alongada e uma direção geral NE-SW que acompanha a direção da falha acima referida. Para além da falha mencionada, é de referir que o anticlinal diapírico de Maceira é intersetado por outras falhas oblíquas (Zbyszewski et al., 1965 e Domingues et al., 2005).

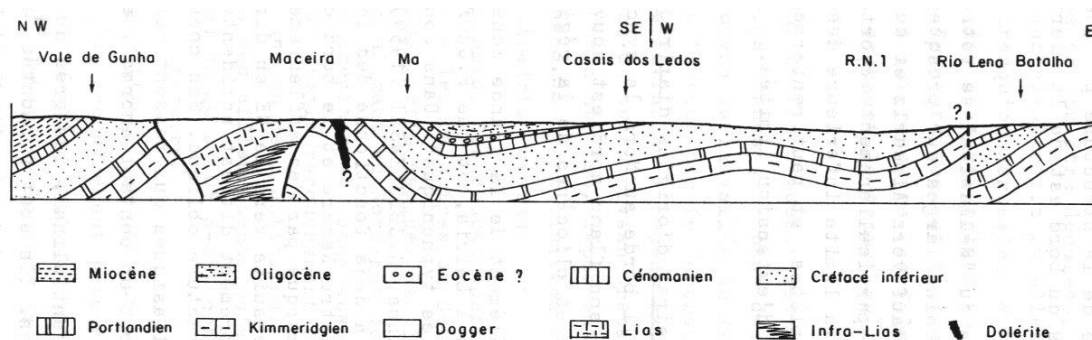


Figura 21- Corte geológico do Anticlinal de Maceira e do Sinclinal de Alpedriz-Porto Carro (VISA Consultores, 2005).

Zbyszewski & Torres de Assunção (1965) destacam duas orientações dominantes, para além da falha principal: NE-SW-direção dos acidentes mais importantes da estrutura diapírica, como a falha que faz o contacto entre o Jurássico inferior e o Jurássico superior (Portlandiano) e que constitui o limite sul do sistema aquífero; NNE-SSW a NW-SE- direção das falhas transversais à estrutura de menores extensões que as do grupo anterior, ocorrem a W e a E

dos afloramentos do Dogger e Liásico, fazendo o contacto destas litologias respetivamente com o Kimmeridgiano e o Cretácico.

A pedra em estudo – Pedreira “Martingança-Maceira”-setor N – localiza-se no flanco NW do “Anticlinal de Maceira” onde surgem unidades Jurássicas. Na zona norte da pedra aflora o Caloviano, que contacta diretamente com as unidades Cretácicas, sendo que a maioria da área em exploração concentra formações do Batoniano e Bajociano.

No flanco norte do anticlinal, os pendores variam entre os 40° e os 50°, ao passo que no flanco sul os pendores assumem valores superiores (Zbyszewski et al., 1965).

Através dos reconhecimentos geológicos e estruturais efetuados observa-se que as principais estruturas locais são (Figura 22 e Figura 23):

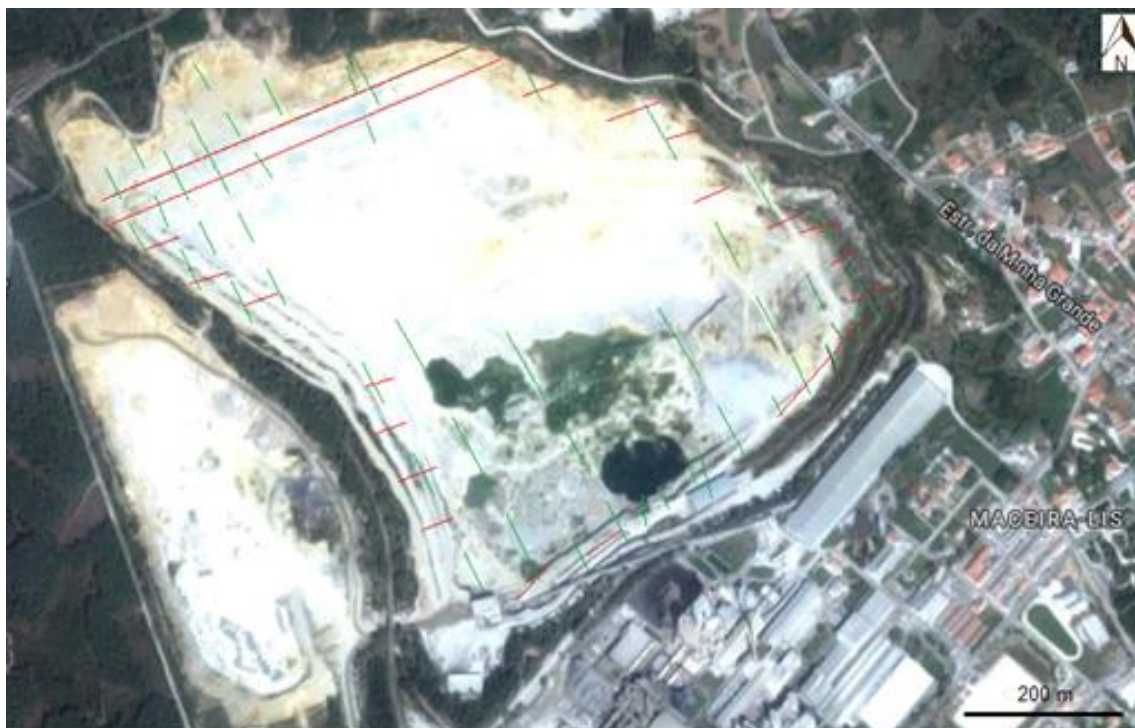
- estratificação: apresenta uma direção que varia entre os 70°- 85°E e um pendor geral próximo dos 70°NW;

- várias famílias de diaclases onde a família principal, com direção a variar entre os 20°- 45°W e um pendor 65°SW a vertical;

- Laminação: A laminação é insipiente em alguns pisos, embora aquando da sua presença faz-se notar, devido ao seu comprimento. Os calcários apresentam frequentemente recristalização de calcite (que preenchem carsificações) e óxidos de ferro, sendo que é visível terrenos detríticos;

- Carsificação e paleorelevos: aparecem nos pisos superiores;

- Falhas: a maioria não apresenta uma orientação regular e dominante; maioritariamente apresentam uma caixa de falha que varia entre poucos centímetros e os 2 m. Quando as falhas apresentam uma caixa de falha bem desenvolvida é possível visualizar o preenchimento por materiais mais recentes na serie geológica ou por material tectonizado. O mesmo já não se verifica quando a caixa de falha apresenta dimensões reduzidas, que normalmente não contém material de preenchimento. Na Figura 23 é possível observar os principais falhamentos na área em estudo. Nas frentes de desmonte e nos blocos já desmontados são visíveis nalguns planos de falha estrias de movimentação de blocos.



Legenda

- Estratificação
- Planos de falha observados
- - Planos de falha (prováveis)

Figura 22- Fotografia aérea da Pedreira "Martingança-Maceira" com marcação do plano de estratificação e dos planos de falha observadas durante o trabalho de campo.

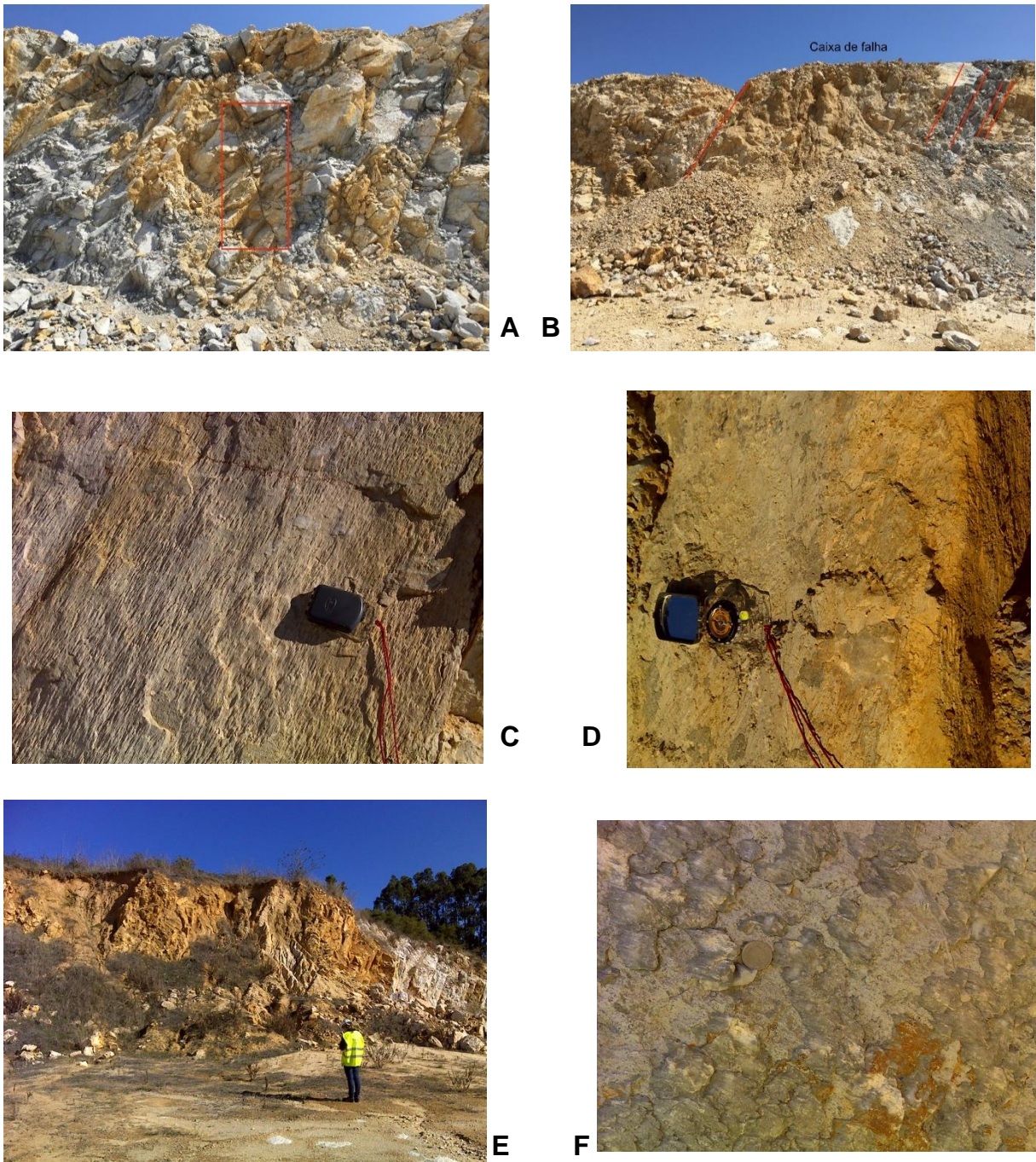


Figura 23- Taludes em estudo com representação de falhas na pedreira, plano de estratificação e principal família de diaclases. A: Caixa de falha sem material de preenchimento com orientação N20°E; 74°SE; B: Caixa de falha preenchida com material detrítico; C: estrias de movimentação; D: estrias de movimentação com cristalização de calcite; E: Carsificação e paleorelvo no piso superior do setor E; F: Recristalização de calcite e presença de óxidos de ferro nas frentes de desmonte no setor C.

5. Hidrogeologia local

Neste capítulo são abordadas as características hidrogeológicas do domínio estudado – Pedreira de “Martingança-Maceira” - setor N, bem o seu enquadramento no Sistema aquífero de Maceira (O18).

5.1. Características hidrogeológicas Sistema aquífero de Maceira

Como referido anteriormente, a pedreira em estudo localiza-se na Unidade hidrogeológica da Orla Ocidental e mais especificamente no Sistema aquífero de Maceira (Figura 24), nomeadamente no sector central do Sistema.

O Sistema aquífero de Maceira apresenta uma área de aproximadamente 6,6 km², é dominado por formações aquíferas calcárias do Jurássico médio e inferior, sendo classificado como um sistema cársico.

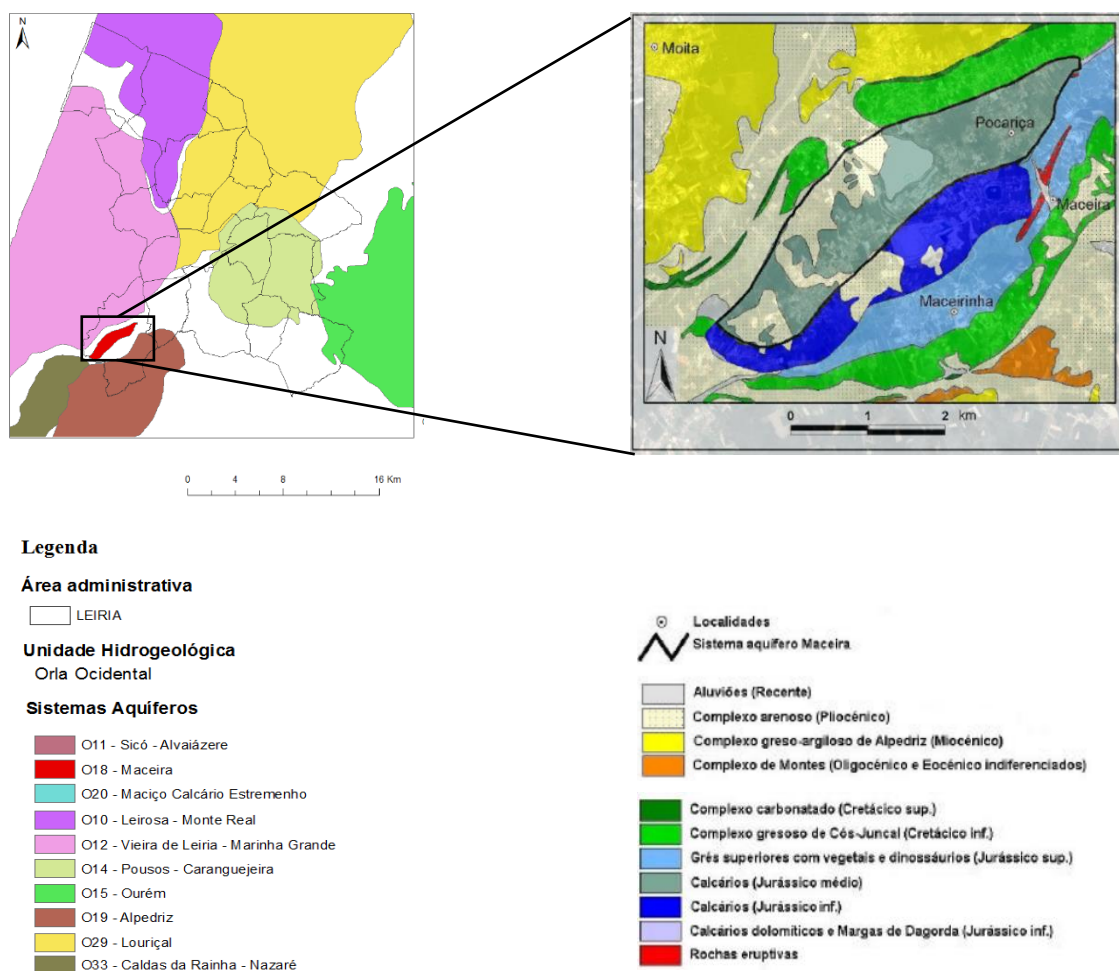


Figura 24- Enquadramento do Sistema Aquífero de Maceira (O18) no conjunto de Sistemas aquíferos da Orla Ocidental na região de Leiria (adaptado de SNIAmb, 2010 e Almeida, et al., 2000).

Tendo por base os trabalhos desenvolvidos por Zbyszewski et al., (1965) e Almeida et al. (2000) estabeleceu-se um conjunto de formações do Sistema aquífero, que podem ser agrupadas conforme a sua produtividade em: (1) formações muito produtivas, (2) formações de produtividade média e (3) formações pouco produtivas (ambi22- Estudos e Projectos em Ambiente, 2005).

A produtividade do sistema é muito variável. Almeida, et al. (2000) aponta vários valores: 2,2 L/s, 14,5 L/s e 17,8 L/s, sendo que a sua transmissividade varia entre os 150 m²/dia e os 350 m²/dia.

As formações muito produtivas, são constituídas pelos calcários do jurássico médio e inferior que constituem os Sistemas aquíferos de Maceira e do maciço Calcário Estremenho.

As formações de produtividade média incluem as formações carbonatadas e detríticas do Cretácico, formações detríticas do Miocénico e plio-Quaternário.

As formações pouco produtivas são compostas pelos arenitos do Jurássico superior, as formações do paleogénico e as formações margosas do Jurássico inferior (ambi22- Estudos e Projectos em Ambiente, 2005).

Segundo a APA, citado em ambi22- Estudos e Projectos em Ambiente (2005), é possível verificar que a área de reserva geológica insere-se numa região e que se prevê uma produtividade de 400 m³/km²dia.

A recarga do Sistema aquífero é efetuada a partir das unidades Jurássicas que afloram em todo o domínio do Sistema. Não são conhecidas grandes exsurgências associadas a este Sistema. No entanto, na Lameira, localidade a SW da área em estudo, ocorrem tufo quaternários que provavelmente estariam relacionados com uma antiga exsurgência (Zbyszewski et al., 1965; Almeida et al., 2000; LNEC, 2011).

5.2. Hidrogeologia e Hidrogeoquímica do domínio ou local

A caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica do domínio em estudo – Pedreira “Martingança-Maceira” – baseou-se em larga medida na recolha de todos os elementos bibliográficos disponíveis, mas também na observação e recolha de elementos de campo, nomeadamente no reconhecimento de pontos de água locais e medições de níveis piezométricos.

5.2.1. Pontos e linhas de água

Segundo o Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), existem duas captações municipais implantadas no Sistema aquífero de Maceira, que correspondem a furos denominados de JK1 e JK2 datados de 1970, que tem como principal objetivo o abastecimento de Maceira e povoações vizinhas (VISA Consultores, 2005). Com o decorrer dos anos foram efetuadas mais captações, estando as mesmas disponíveis na Agência Portuguesa do Ambiente (Figura 25).

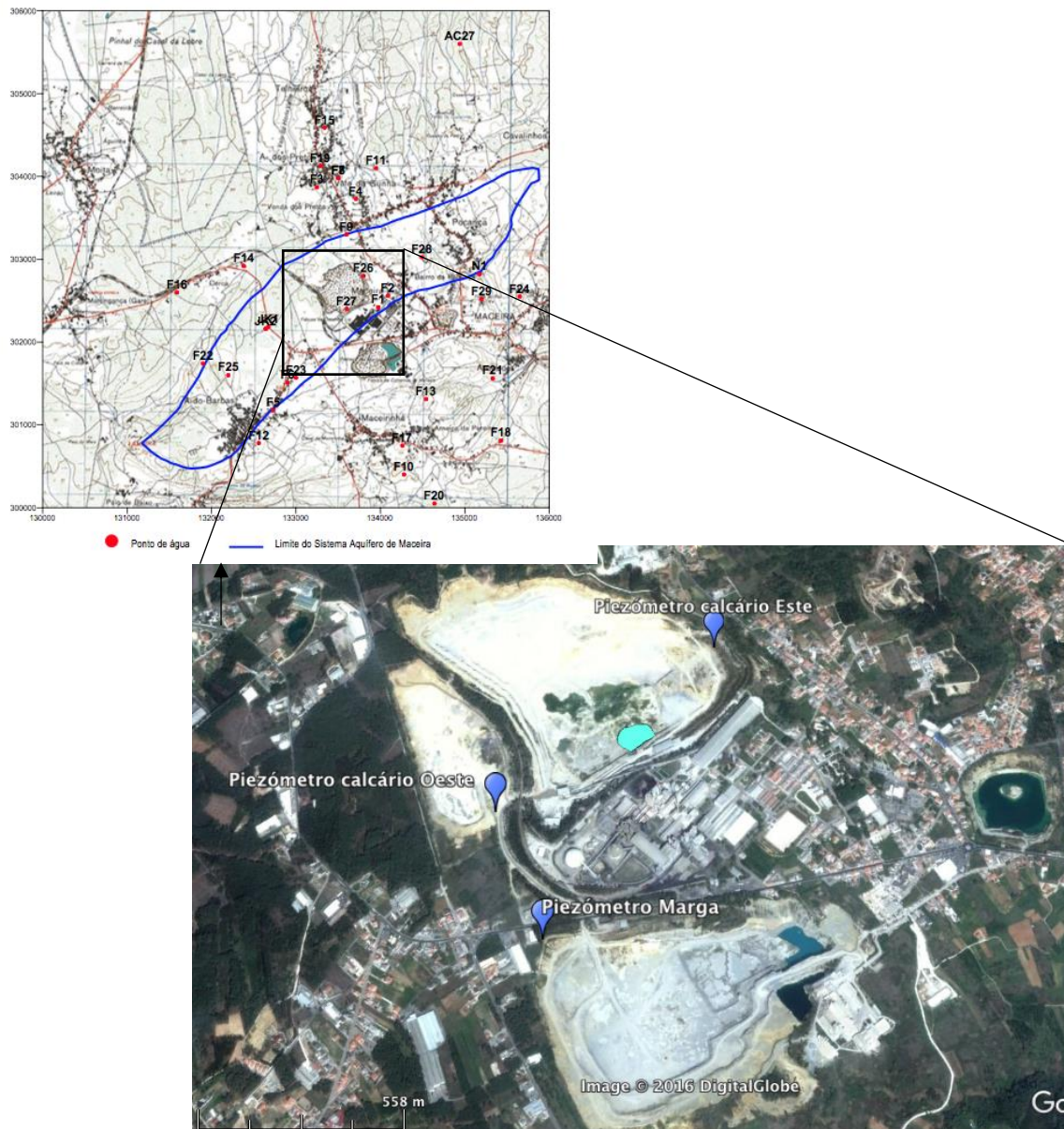


Figura 25- Inventário de furos nas envolventes da zona estudada para o ano de 2005 (figura superior, em Relatório de VISA Consultores, 2005) e localização dos piezómetros e do lago na área em (em fotografia aérea de Google Earth, 2017).

Na área em estudo e domínios envolventes encontram-se implantados três piezômetros – P1 (Piezômetro Calcário – Este), P2 (Piezômetro Calcário – Oeste) e P3 (Piezômetro Margas) – (Figura 25) e dois furos de captação de águas subterrâneas – J1 e J2.

Os piezômetros têm como principal objetivo a realização de medições do nível da água de forma a compreender os volumes armazenados e a circulação hídrica subterrânea.

No interior da pedreira, nomeadamente no seu extremo S ocorre um pequeno lago perene (Figura 25).

Para além dos piezômetros e furos acima referidos ocorrem nas envolventes, nomeadamente a N, inúmeros poços. Estes estão implantados em unidades aquíferas freáticas associadas aos depósitos pliocénicos.

Nas imediações do domínio em exploração não são conhecidas exurgências, embora aflorem tufos quaternários na Lameira, que provavelmente estariam relacionados com uma antiga exurgência (Almeida et al., 2000 e LNEC, 2011).

A água presente na lagoa situada no setor S é regularmente bombeada. A água é bombada por condutas até um tanque sendo utilizada em usos internos a outra parte é conduzida, através de um coletor principal da rede de drenagem de águas pluviais até a um canal que descarrega os caudais numa linha de água da rede natural, definida como “Zona de descarga”, Figura 26 (Visa Consultores, 2005). Desde o fim da conduta do coletor principal até à linha de água os caudais são transportados por um canal retangular em betão.

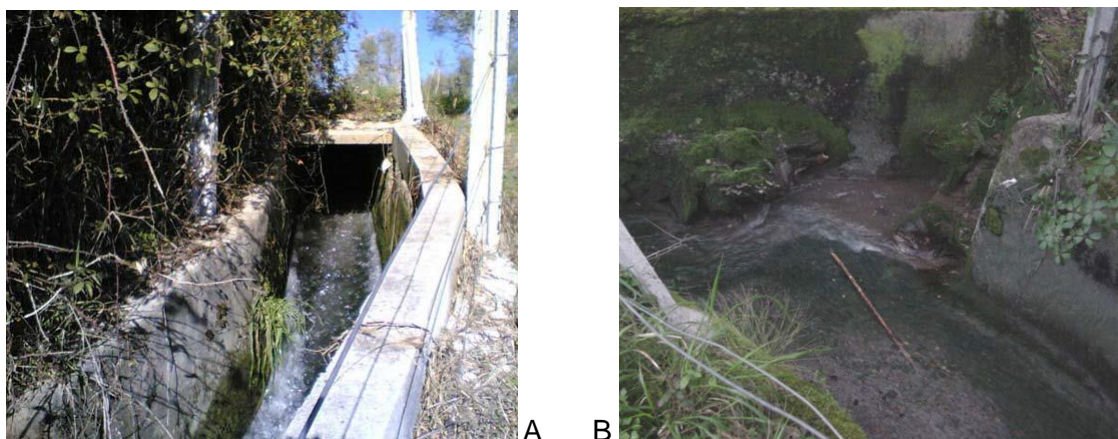


Figura 26- A.: Vista do canal que transporta a água desde o coletor principal até à linha de água; B.: Vista da confluência do canal com a vala (fonte. Retorno de 100 anos)

5.3. Hidrogeoquímica

Com o objetivo de caracterizar a hidroquímica das águas subterrâneas que circulam no perímetro da pedreira e domínios envolventes, a CMP realizou um estudo hidrogeológico onde se procedeu à análise da colheita de três amostras de água (Anexo 1) no Sistema aquífero de Maceira (Visa Consultores, 2005). As amostras consideradas para este trabalho foram recolhidas em dois furos (F26 e F28, localização na Figura 25) e na lagoa.

Na Tabela 6 apresentam-se os resultados das medições de alguns parâmetros *in situ*, em particular da temperatura, pH (escala Sorensen), condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) e total de sólidos dissolvidos (mg/L).

Tabela 6- Dados para a temperatura, pH, condutividade elétrica e total de sólidos dissolvidos quantificados em amostras colhidas em furos e na lagoa da Pedreira de “Martingança-Maceira”, em maio de 2004 (VISA Consultores, 2005).

Parâmetros	Amostra 1 (lagoa)	Amostra 2 (F26 pedreira calcário)	Amostra 3 (F28 Pocariça)
pH campo (escala Sorensen)	7,3	7,3	6,8
pH laboratório (escala Sorensen)	7,9	7,5	7,2
Condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$)	878	1208	770
Total de sólidos dissolvidos (mg/L)	438	602	390
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	23,6	18,2	16,6

As amostras apresentam valores máximos para a Condutividade elétrica de 1208 $\mu\text{S/cm}$. Este parâmetro reflete a quantidade de sais dissolvidos na água, pelo que a sua distribuição poderá constituir uma primeira aproximação à avaliação da qualidade global e tempo de residência da água subterrânea (Guerreiro et al., 1998).

Quanto ao Total de sólidos dissolvidos, as amostras apresentam um valor máximo de 602 mg/L, sendo a amostra 2 representativa deste valor. Este parâmetro é de extrema importância, uma vez que permite estabelecer uma relação entre valores associados a águas provenientes da pluviosidade e a águas de origem subterrânea. Esta relação é descrita por valores menores para águas provenientes da precipitação atmosférica e valores maiores para as águas subterrâneas.

Através da projeção dos valores das concentrações em elementos maiores no diagrama de Piper (Figura 27) foi possível definir as respetivas fácies hidroquímicas (Mira et al., 1998). Assim, duas das águas analisadas – amostra 1 (lagoa) e amostra 3 (F28 Pocariça) - apresentam fácies hidroquímica bicarbonatada cálcica, tendo como anião dominante o bicarbonato e catião dominante o Cálcio.

É de distinguir a amostra 2 – F 26 pedraira de calcário- que se classifica como uma água sulfatada cálcica e que apresenta valores para a condutividade elétrica, sulfatos e cálcio que claramente distintos das outras águas. Segundo o Relatório elaborado pela Visa Consultores (2005) esta distorção dos valores deve-se ao momento em que a recolha foi realizada, encontrando-se as propriedades da água alteradas pelas lamas bentoníticas que foram utilizadas durante a perfuração da captação (VISA Consultores, 2005).

Segundo o Decreto-lei 243/2001 de 5 de setembro que estabelece os limites máximos admissíveis das componentes químicas da água para consumo humano pode-se concluir que as três amostras analisadas cumprem os valores recomendados.

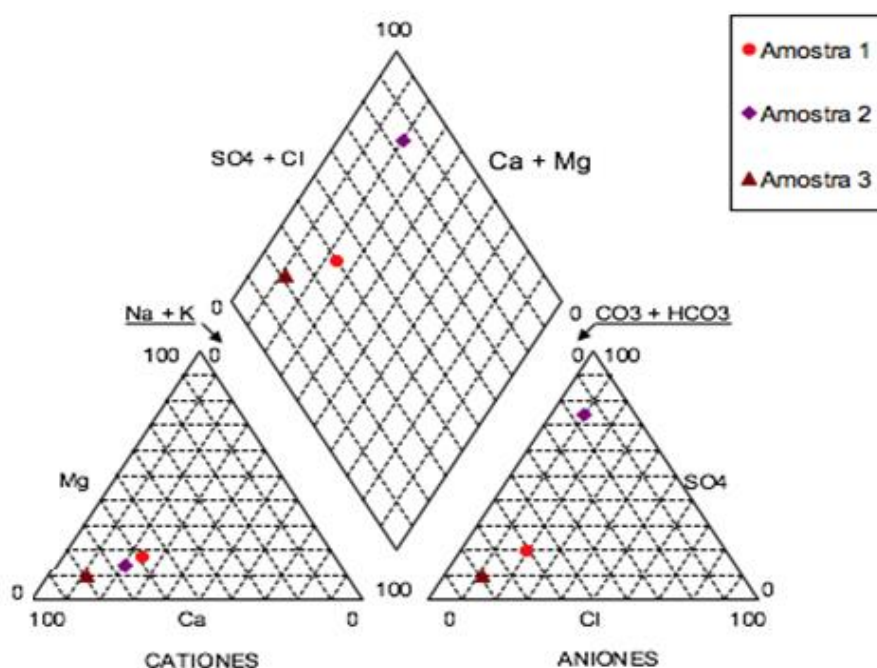


Figura 27- Diagrama de Piper com representação das amostras de água recolhidas na Pedreira “Martingança-Maceira” e na Pocariça e analisadas *in situ*.

5.4. Piezometria e fluxo hídrico subterrâneo

Um dos aspetos relevantes no que concerne à caracterização hidrogeológica do domínio em estudo – Pedreira “Martingança-Maceira” – setor N, é a piezometria e as implicações na circulação subterrânea.

Na ausência de pontos para medições piezométricas nas áreas envolventes da pedraira, utilizaram-se os valores de referência para as captações que se encontram no Sistema Nacional de Recursos Hídricos, 296/57 e 296/3 (JK1), localizadas próximo à área em estudo (Figura 25). As cotas piezométricas analisadas datam de 2007 até ao presente (Figura 28).

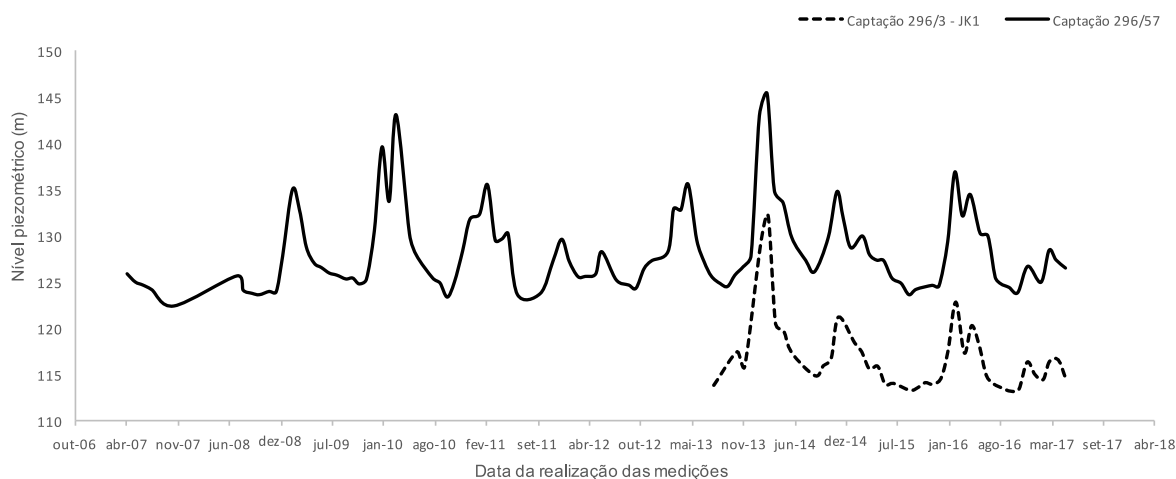


Figura 28- Representação gráfica dos níveis piezométricos para as captações situadas nas envolventes da área estudada 296/57 e 296/3 (SNIRH, 2017).

São visíveis decréscimos das cotas piezométricas para o período estival e um aumento das mesmas para o período húmido. As cotas mínimas estão relacionadas com o término do ano hidrológico onde se atingem cotas na ordem dos 126 m. Contrariamente, as cotas piezométricas máximas situam-se, aproximadamente, nos 145 m, encontrando-se estas relacionadas com as características climatológicas da região (Figura 29).

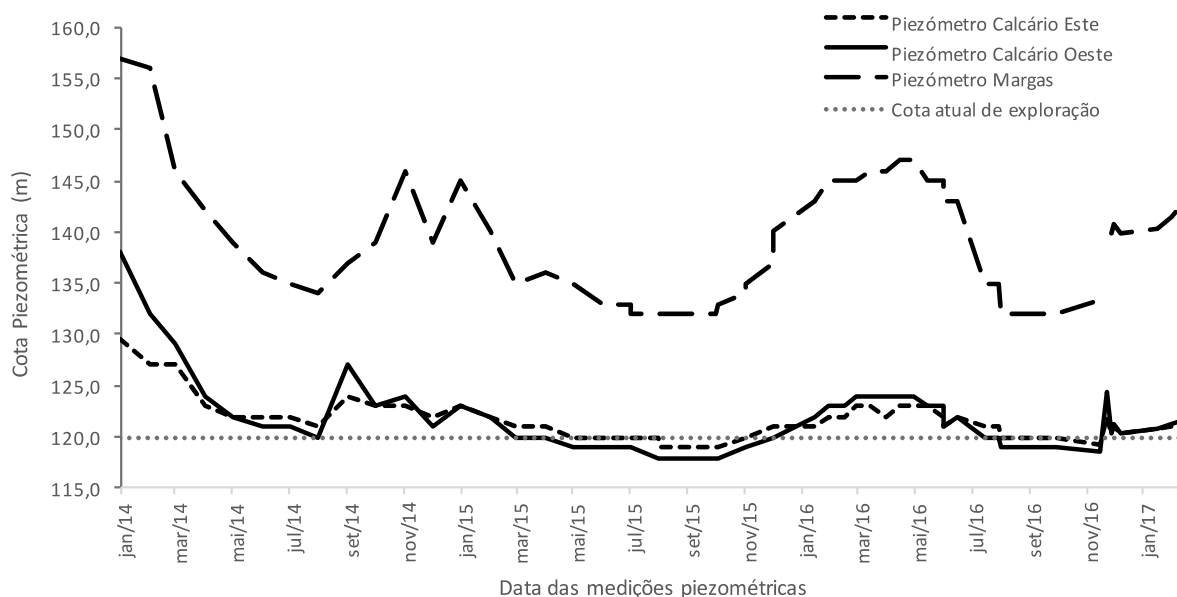


Figura 29- Gráfico ilustrativo das medições piezométricas realizadas entre janeiro de 2014 e janeiro de 2017.

No domínio da pedraira foram realizadas medições *in situ* em três piezómetros - Piezómetro Calcário-Este, Piezómetro Calcário-Oeste e Piezómetro Margas (localização na Figura 25). As medições foram realizadas nos últimos três anos, o que permitiu analisar a

evolução do nível piezométrico (Figura 29) e identificar as cotas piezométricas mínimas e máximas (Tabela 7) para os piezómetros instalados na pedreira.

De forma generalizada, os meses de novembro a janeiro e setembro a outubro correspondem ao período de máximo e mínimo de nível piezométrico, respetivamente. Tais resultados já eram espectáveis, uma vez que os meses correspondentes à redução do nível piezométrico coincidem com o final do ano hidrológico. É necessário ter em consideração as características climatológicas, pois estas refletem-se diretamente nas medições realizadas, como é visível para o ano de 2014 onde se verificaram precipitações elevadas. É de realçar que durante a realização das medições piezométricas, não se assegurou o encerramento do equipamento de bombagem, o que poderá ter impacto nas medições realizadas. Para o caso em estudo, os valores apresentados pelos piezómetros estudados apresentam grande similaridade com as cotas medidas na estação 296/57.

Com base na análise dos dados de piezometria da Tabela 7 (em Anexo 2) foi possível inferir algumas ilações acerca da hidrodinâmica das águas subterrâneas na zona em exploração.

Tabela 7- Cotas piezométricas mínimas e máximas para os piezómetros instalados na pedreira desde 2014 até 2017 (CMP, 2017).

Designação dos Piezómetros	Cota piezométrica mínima (m)	Cota piezométrica máxima (m)	Oscilação anual (m)
Calcário-Este	119,0	129,5	10,5
Calcário-Oeste	118,0	138,0	20,0
Margas	132,0	157,0	25,0

O estudo da evolução dos níveis da água demonstra que os piezómetros instalados na pedreira de calcário apresentam cotas mínimas e máximas similares, entre os 119 m e os 129,5 m para o piezómetro Calcário-Este e os 118 m e os 138 m para o piezómetro Calcário-Oeste. Medições realizadas em 2005 e 2012 apresentam cotas piezométricas semelhantes nos piezómetros Calcário- Este e Calcário- Oeste. O mesmo já não se verifica no piezómetro Margas que apresentou cotas piezométricas inferiores às descritas na Tabela 7.

Perante os valores acima mencionados, deduz-se que as diferenças entre os níveis piezométricos do Piezómetro Calcário e do Piezómetro Margas podem ser indicativas de um “ressalto hidráulico” que se verifica entre áreas contíguas e que deverá significar, que as unidades aquíferas do sector N – unidades do Jurássico médio - são distintas e não apresentam continuidade hidráulica com as margas do Aaleniano (piezómetro Margas) (VISA Consultores, 2005 e VISA Consultores, S.A., 2014).

Tendo em consideração as medições realizadas nos últimos três anos (2014 e 2016), pode-se inferir que o nível piezométrico deverá situar-se entre os 118 m e os 147 m, na estação seca e húmida, respectivamente.

No domínio da pedra encontram-se dois furos (F1 e F2), em exploração, dos quais se dispõe de registos mensais do nível piezométrico efetuados entre fevereiro de 2001 e novembro de 2013, sendo que em 2012 e 2013 não se dispõe de leituras (Visa Consultores, S.A., 2014). Na Figura 30 encontra-se representada a oscilação do nível piezométrico nas captações F1 e F2. Salienta-se que ambas as captações têm sistemas de extrações e que nem sempre foram garantidas 24 horas de repouso de bombagem antes das medições dos níveis (Visa Consultores, S.A., 2014).

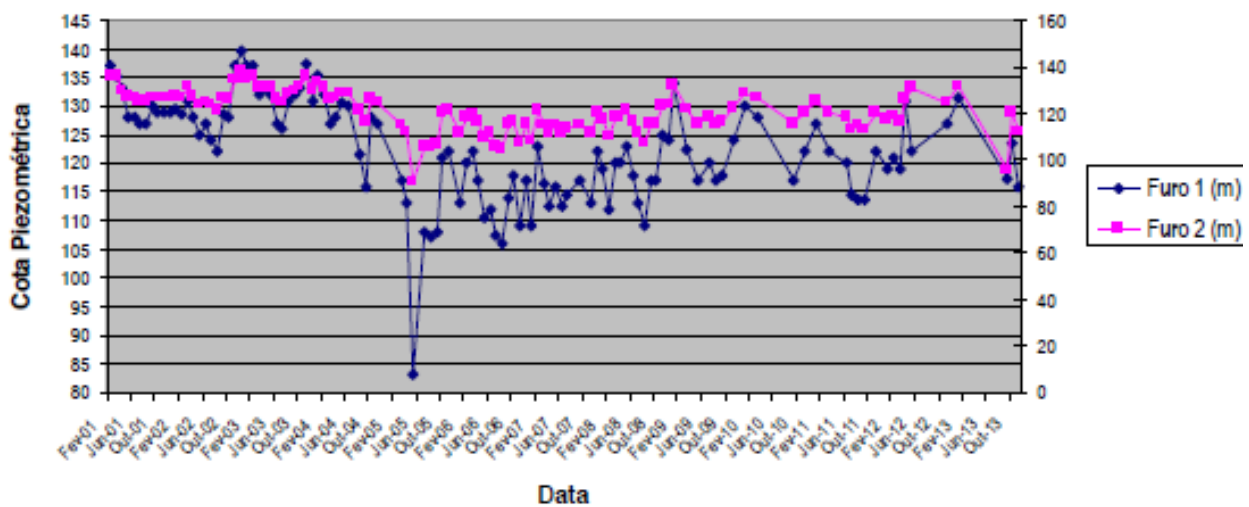


Figura 30- Evolução do nível piezométrico nas captações F1 e F2 da CMP entre fevereiro de 2001 e novembro de 2013 (Visa Consultores, S.A., 2014).

A oscilação do nível piezométrico em ambas as captações é similar, onde as variações ocorrem de forma simultânea, sendo que a cota piezométrica mais baixa atingida foi de 83 m na captação F1. A captação F2 acompanhou esta descida que possivelmente se encontra relacionada com um período mais seco do ano de 2005.

Tendo em consideração as medições dos níveis efectuadas: (1) nos quatro piezómetros realizados em 2004, (2) nos dois furos de captação e (3) na estação de monitorização 296/57, a Visa Consultores (2005) projetou a superfície piezométrica e o fluxo subterrâneo para o mês de setembro de 2004 (Figura 31).

O sistema de bombagem contínuo da água da lagoa poderá ser responsável pela diminuição das cotas piezométricas na pedra. Esta característica vai-se desvanecendo com o aumento da distância à lagoa situada na pedra de calcários, uma vez que as captações F1 e F2, situadas a 300 m e 475 m da lagoa, apresentam uma menor diminuição dos níveis e

na estação de monitorização 296/57 situada a 1025 m os níveis mantêm-se (Visa Consultores S.A., 2012).

Embora a Figura 31 evidencie uma direção de fluxo praticamente N-S, atualmente não é possível afirmar que aquela direção se mantenha, uma vez que não foi construir cartas de isopiezas e definir direções de fluxo, devido à falta de dados piezométricos (só existem medições em em três piezómetros, nomeadamente Piezómetro Calcário- Este, Piezómetro Calcário-Oeste e Piezómetro Margas).

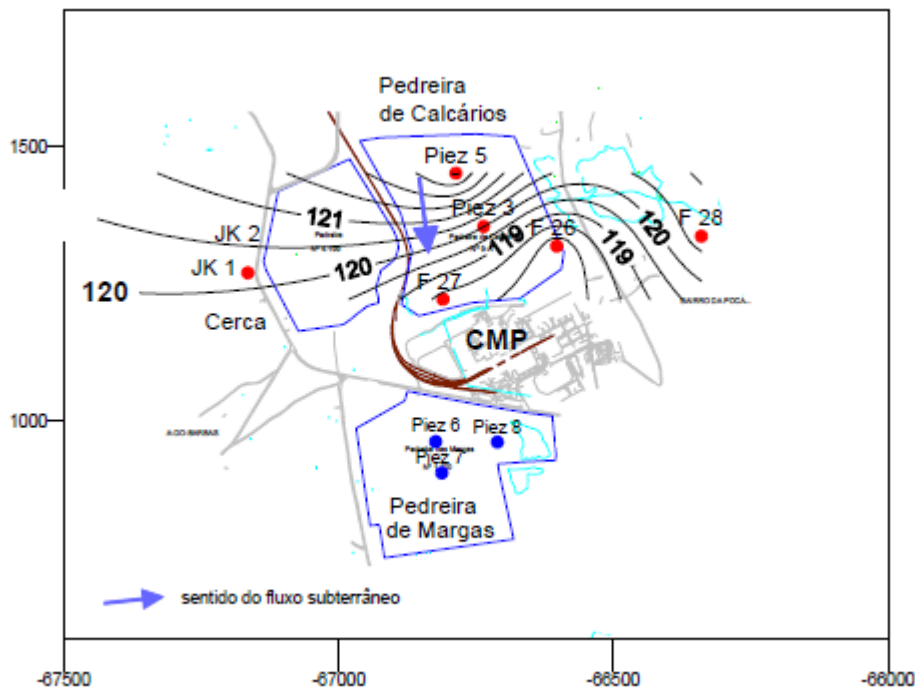


Figura 31- Carta de isopiezas e de fluxo da Pedreira “Martingança-Maceira” relativa a setembro de 2004 (Visa Consultores S.A., 2012).

5.5. Recarga e descarga aquíferas

Processos e localização da recarga aquífera

A recarga natural de massas de água subterrâneas é efetuada através três processos fundamentais: recarga através da precipitação, recarga a partir de rios e drenância subterrânea (U. S. Department of the Interior, 1995).

A infiltração através da precipitação é uma das mais importantes fontes de recarga aquífera. A infiltração total para uma determinada área é influenciada pela cobertura vegetal, topografia, tipo de solo, assim como o tipo, intensidade e frequência da precipitação (U. S. Department of the Interior, 1995). Neste caso, a recarga ocorre a partir da precipitação que incide diretamente na área de afloramento das rochas calcárias.

A precipitação atmosférica que ocorre sobre os domínios em exploração aflui ao lago situado no extremo SSE, uma vez que não existem valas de drenagem de águas superficiais nas laterais da pedreira. Assim, este processo climatológico deverá constituir o principal input hídrico ao fundo da pedreira. Como referido nas características climatológicas, a precipitação média anual é de 900 mm/ano que corresponde a aproximadamente 14% da água bombeada anualmente da corta da pedreira. O volume de água superficial, precipitação e escoamento, contribuem em aproximadamente 18% do volume de água extraído da corta da pedreira, pelo que se pode considerar que estes parâmetros apresentam um peso pouco significativo em comparação ao volume de água subterrânea (VISA Consultores, 2005). Considera-se que o Sistema aquífero de Maceira recebe recarga diretamente a partir da precipitação atmosférica, na área de afloramento dos calcários do Jurássico médio, podendo eventualmente receber recarga diferida a partir das formações pliocénicas na área onde estas recobrem os calcários, não sendo conhecidas exsurgências (Almeida et al., 2000; PGBH, 2012 e LNEC, 2011).

Um aquífero pode ainda sofrer recarga a partir de aquíferos próximos e que estejam conectados hidráulicamente. A recarga depende das propriedades hidráulicas do aquífero, da sua conceção natural e do nível piezométrico (U. S. Department of the Interior, 1995). Na pedreira em estudo, a drenância é efetuada através da circulação descendente a partir de unidades aquíferas freáticas localizadas em setores superiores situados a NE e da circulação subterrânea, lateral e ascendente a partir das formações cretácicas a N e a partir de aquíferos inferiores, nomeadamente através de fraturas e planos de estratificação durante o período estival.

As formações cretácicas situadas na zona norte da pedreira, nomeadamente o setor C e D, são consideradas, segundo Marques (1993), como as zonas de maior propensão para a afluência de água, estando previstos elevados caudais. Esta situação ainda não se verificou, mas é visível a escorrência de material nas diaclases (Marques, 1993). Segundo o mesmo relatório, é possível que a situação não se verifique, uma vez que a ocorrência de níveis argilosos na formação cretácica, que contacta a norte com as zonas acima referidas, deverá servir de barreira a possíveis níveis freáticos de cotas mais elevadas que o nível freático da pedreira.

Quantificação da recarga aquífera

Visto que as formações geológicas presentes na área de estudo são maioritariamente calcárias do Jurássico, admite-se uma infiltração eficaz ou recarga superior a 30% (Almeida et al., 2000) da precipitação, que corresponde a 270 mm/ano, podendo atingir, eventualmente, todo o superávit hídrico (VISA Consultores, 2005). O escoamento superficial diminuto e a rede

de drenagem incipiente confirmam os valores apontados para escoamento e recarga (VISA Consultores, 2005).

Segundo o Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste, o Sistema aquífero de Maceira apresenta uma a recarga média anual na ordem dos 411mm/ano. Este parâmetro foi refinado apresentando como base o método do balanço hídrico sequencial diário - BALSEQ_MOD. Desta forma, estabeleceu-se o valor da recarga média anual segundo a carta de tipo de solos de Portugal (S.R.O.A.- Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário) e a carta de uso e ocupação de solos (CLC- CORINE Land Cover), obtendo-se uma recarga de 472 mm/ano (Figura 32).

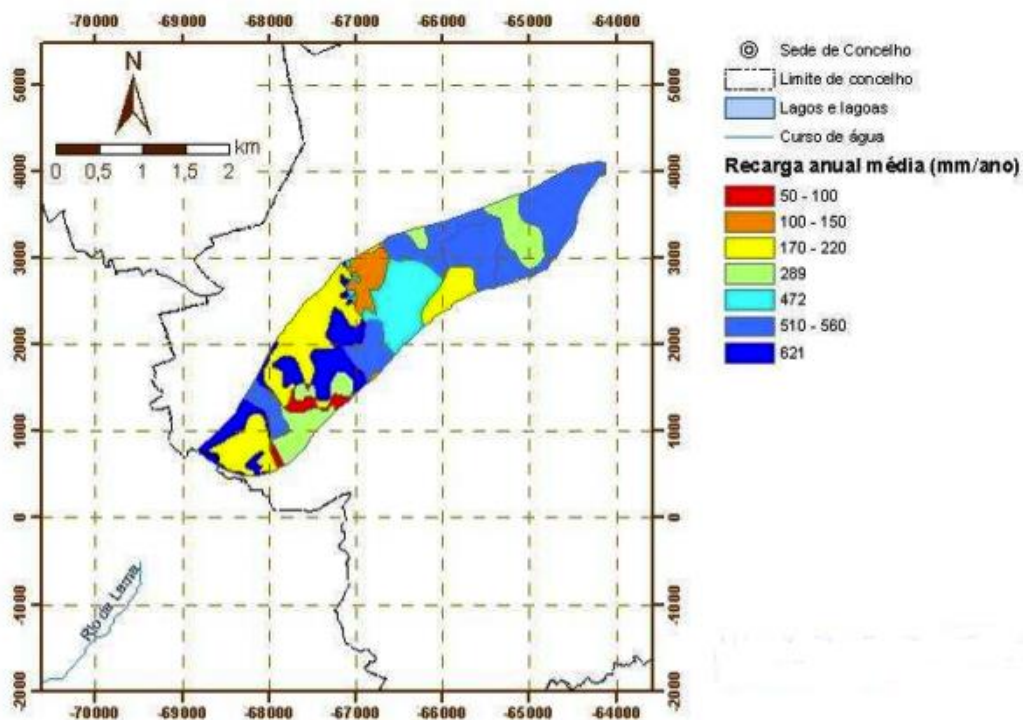


Figura 32- Mapa da recarga anual média (mm/ano) para o Sistema aquífero de Maceira (PGBHOESTE, 2012).

A recarga do sistema aquífero encontra-se dependente da precipitação atmosférica direta sobre a área de afloramento dos calcários do Jurássico médio e de uma percentagem de recarga lateral a partir das formações cretácicas a Norte da pedra de calcários (VISA Consultores, 2005).

Perante os valores considerados (balanço hídrico sequencial mensal para uma capacidade de campo de 50 mm, Tabela 5) para a precipitação, escoamento superficial, e evapotranspiração real, estabeleceu-se a sua relação com a precipitação em termos percentuais. Na Tabela 8 encontram-se discriminadas as percentagens para cada parâmetro, ao que neste caso corresponde a 44% o excedente hídrico e 56% a evapotranspiração real.

Tabela 8- Percentagem de precipitação correspondente a cada parâmetro selecionado.

	(mm/ano)	% Precipitação
Precipitação	874	100
Excedente hídrico	387	44
ETR	486	56

Para a determinação do *input* hídrico, que advém da precipitação atmosférica, foi necessário considerar a área da pedreira, já anteriormente definida. Após a realização dos cálculos para determinar o *Input* hídrico elaborou-se a Tabela 9, onde se observa que para um ano em que se verifique uma precipitação média, o *input* hídrico é de 401 560 m³/ano, atingindo os 1 041622 m³/ano em anos húmidos.

Tabela 9- *Input* hídrico anual em m³/ano na pedreira, considerando os valores para a evapotranspiração real e área considerada.

Precipitação anual (m)	Ano húmido	Média anual
	1,488	0,9094
Evapotranspiração real (m)	0,5464	
Excedente (m)	0,9416	0,363
Área (m ²)	1 106 225	
<i>Input</i> hídrico (m ³ /ano)	1 041 622	401 560

Descarga aquífera

A perda de água de um aquífero pode ocorrer de forma natural ou artificial. Do processo natural destacam-se os processos de evaporação e evapotranspiração, fluxo a partir de exurgências e circulação lateral e de fundo (U. S. Department of the Interior, 1995). Por outro lado, para o processo artificial considera-se a extração de água pelo sistema de bombagem

A descarga natural - lateral e de fundo ocorre devido a transferência/cedência de água através da rede de fracturação, dos planos de estratificação e de estruturas de carsificação para os sedimentos que envolvem o sistema (PGBHOESTE, 2012).

Os processos artificiais correspondem a bombagem da água acumulada na lagoa da pedreira com equipamento mecânico.

A circulação e o armazenamento hídricos subterrâneos ocorrem fundamentalmente nos níveis mais alterados, fraturados e carsificados do Jurássico Médio, que se comportam como domínios aquíferos.

5.6. Caudais bombados e rebaixamentos associados

Na pedreira funcionam em regime permanente um conjunto de bombas que captam a água da lagoa situada a sul da Pedreira “Martingança-Maceira”. Este processo tem como principal objetivo facilitar os trabalhos extrativos diários, na medida em que após a extração da água é possível continuar a exploração de calcário.

O sistema de bombagem é constituído por duas bombas designada por: a calcário B101 e a calcário B 109. Estão instaladas no extremo sul e no piso base da pedreira, de forma a facilitar a extração de água em picos extremos. As bombas apresentam uma capacidade de extração diferente, nomeadamente 850 m³/h para a calcário B101 e 250 m³/h para a calcário B 109. A bombagem ocorre diariamente através da bomba calcário B 109 que se encontra a um nível inferior relativamente à posição da bomba B101. Posto isto, a B 109 extraí mais água mensalmente devido à posição mais próxima da lagoa, mas apresenta menor capacidade de bombagem relativamente à bomba B 101.

O caudal acumulado na corta da pedreira advém, essencialmente, da precipitação atmosférica que cai diretamente na pedreira e do escoamento superficial gerado na bacia hidrográfica envolvente (Visa Consultores, S.A., 2014). Estes caudais são bombados para o coletor principal da rede de drenagem da fábrica que os descarrega na linha de água afluente da Ribeira da Maceira (Visa Consultores, S.A., 2014).

A água que é extraída pelo sistema de bombagem é reposta em ambiente natural através do coletor principal da rede de drenagem da fábrica que efetua a descarga na linha de água afluente da Ribeira de Maceira.

De acordo com os dados fornecidos pela CMP, no ano de 2002 foram extraídos 1 404 800 m³, em 2003 cerca de 2 898 550 m³ decorrendo as bombagens apenas entre os meses de novembro e junho. Entre dezembro de 2009 e agosto de 2012 foram extraídos da pedreira 7 741 952 m³, não tendo sido realizada bombagem no mês de junho de 2012. A CMP menciona que no ano de 2010 o volume de água extraído foi de 3 278 840 m³, no ano de 2011 foi de 2 775 135 m³, para o ano de 2012 foi de 1 888 293 m³ e no ano de 2013 foi de 1 862 318 m³ de água. Para o ano de 2016 verificou-se uma extração anual de 3 220 865 m³, tendo sido a bombagem realizada diariamente.

Na Figura 33 encontra-se representada a extração mensal em m³ para os anos acima mencionados. Da análise do gráfico é possível verificar que no ano de 2016 a curva representativa do volume extraído é mais estável, não sofrendo grandes amplitudes, como é observável no ano de 2010 e 2011. No ano de 2016 o aumento do volume extraído foi mais

significativo nos meses de junho a setembro, voltando a verificar-se nos meses de outubro a janeiro, onde a subida é mais acentuada.

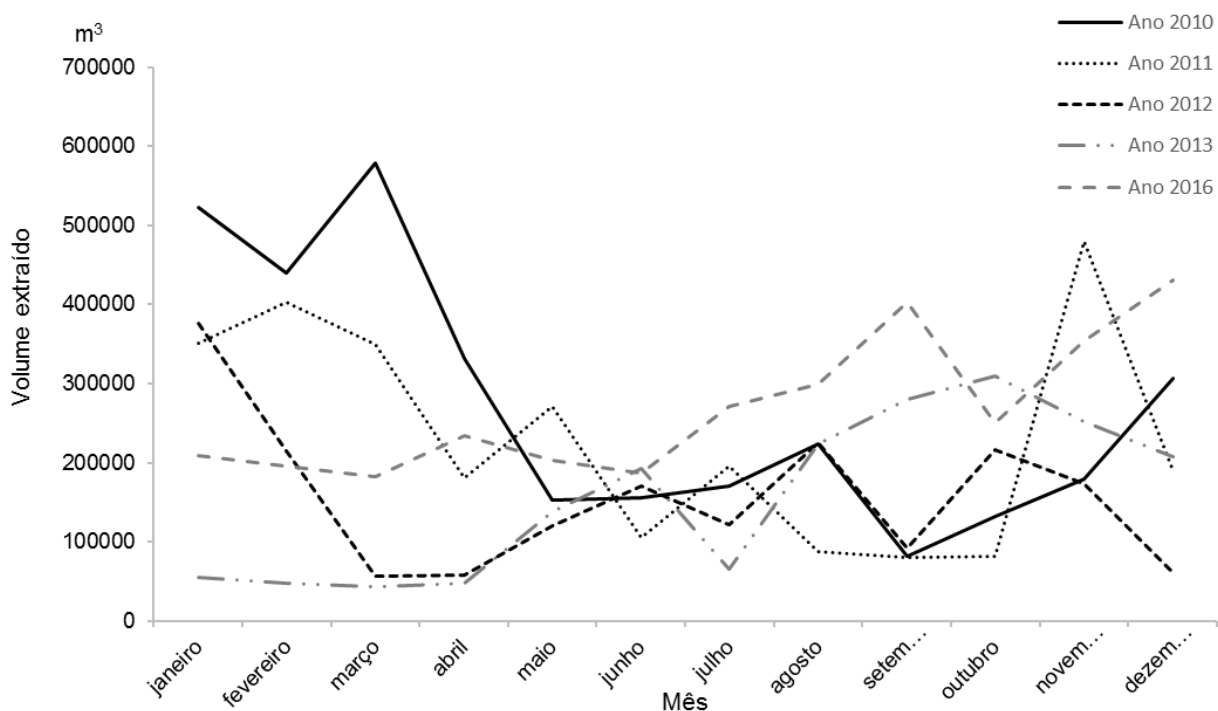


Figura 33- Gráfico representativo do volume mensal extraído em m³ para o ano de 2010, 2011, 2012, 2013 e 2016 (CMP, 2017).

O volume hídrico armazenado na reserva reguladora encontra-se dependente das variações registadas nos piezómetros ao longo dos últimos quatro anos. Como tal, foi necessário definir a variação do nível piezométrico, a porosidade eficaz e a área da pedreira, para posteriormente se calcular o volume associado.

A variação nível piezométrico $-\Delta h$ (m) corresponde à diferença entre a cota piezoétrica máxima medida e a cota piezométrica mínima medida nos últimos quatro anos para os piezómetro Calcário-Este e Oeste (Figura 34). Neste caso utilizaram-se apenas os valores dos piezómetros da pedreira de calcário Este e Oeste, uma vez que são os piezómetros que se encontram na área da pedreira de calcário.

O volume hídrico armazenado na reserva permanente encontra-se dependente do nível piezométrico mínimo definido, da porosidade eficaz, da área da pedreira considerada e da cota final, prevista, da exploração.

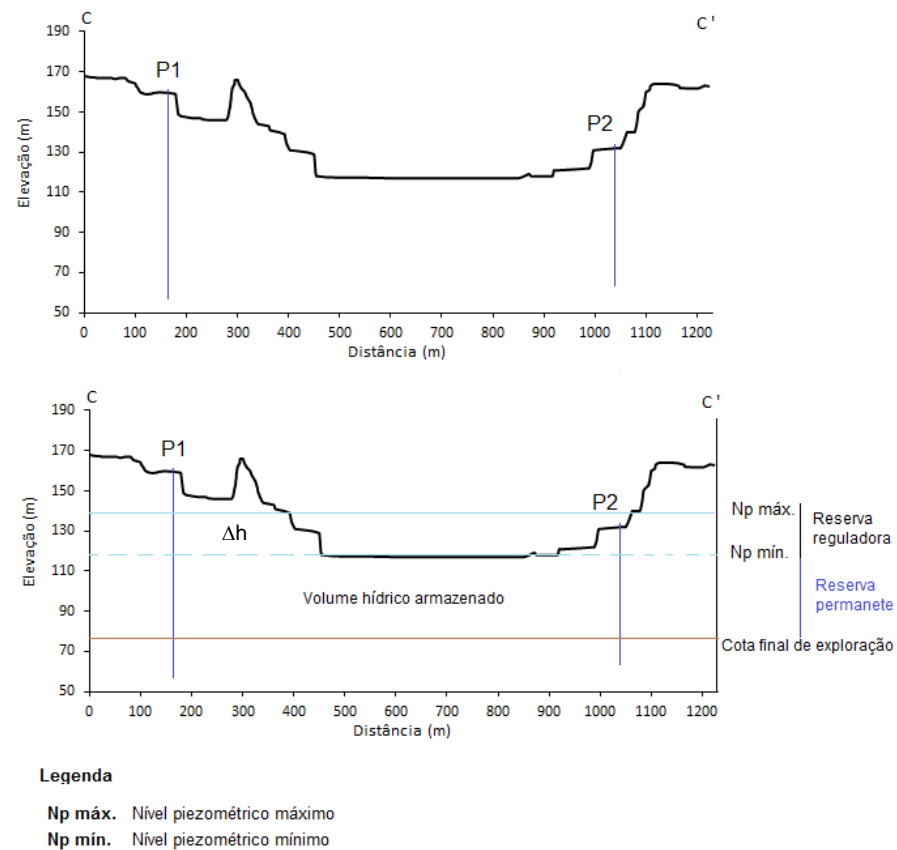
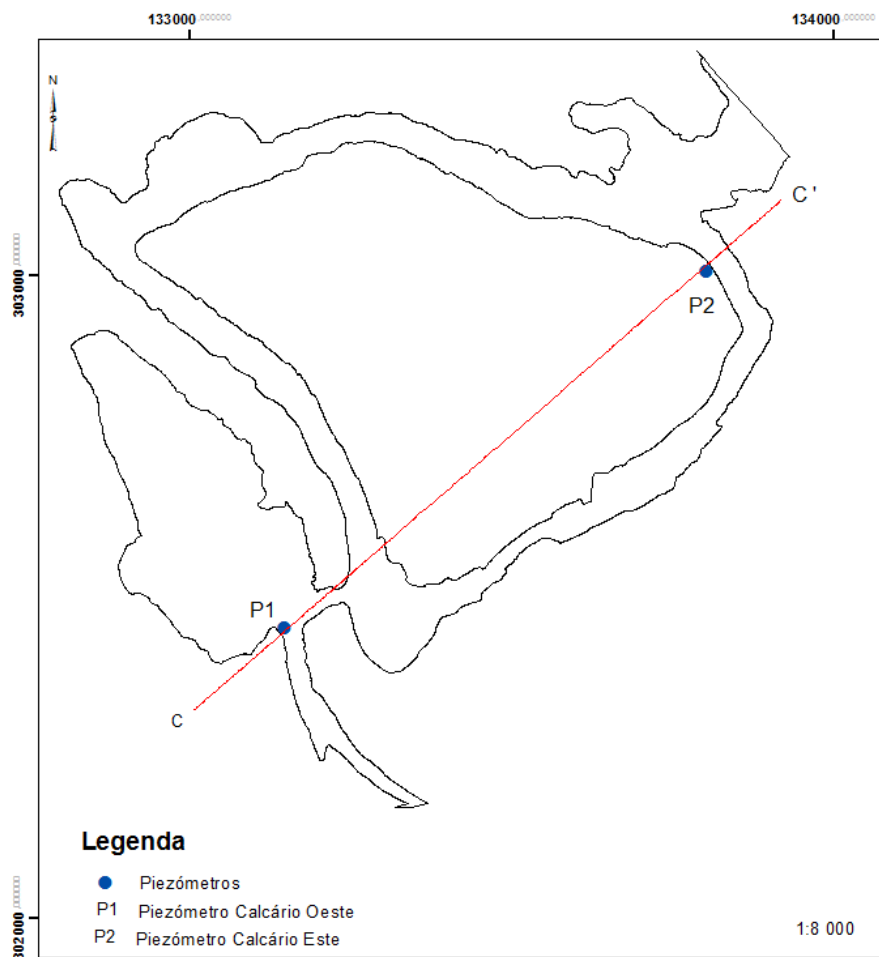


Figura 34- Esq.: Esquema representativo da pedreira "Martingança-Maceira" com indicação do perfil geológico com direção C-C'; Dir.: Perfis topográficos com direção C-C' e indicação da localização dos piezômetros Calcário-Oeste e Calcário-Este, com indicação da reserva reguladora e reserva permanente.

A porosidade eficaz é definida pelo volume de água livre numa determinada formação geológica. A **porosidade eficaz** (ou efetiva) foi definida segundo a tabela expressa no Decreto-Lei nº 382/99 de 22 de setembro (Tabela 10).

Tabela 10- Tabela com os valores médios da porosidade eficaz para as principais rochas segundo o Decreto-Lei nº 382/99, de 22 de setembro (APA, 2017).

Material		Porosidade eficaz (percentagem)			Observações
Tipo	Descrição	Média	Máxima	Mínima	
Rochas maciças	Granito	< 0,2	0,5	0	(a)
	Calcário	< 0,5	1	0	(b)
	Dolomito	< 0,5	1	0	(b)
Rochas metamórficas	—	< 0,5	2	0	(a)
Rochas vulcânicas	Piroclastos	< 5	20	0	(c) (e)
	Escórias	20	50	1	(c) (e)
	Tufos vulcânicos	< 5	20	0	(d)
	Basaltos densos, fonólitos	< 1	2	0,1	(a)
	Basaltos vacuolares	5	10	1	(c)
Rochas sedimentares consolidadas.	Rochas foliadas	< 2	5	0	(e)
	Arenitos	10	20	0	(f)
	Calcário detritico	3	20	0,5	—
Rochas sedimentares não consolidadas.	Aluviões	15	35	5	(e)
	Dunas	20	30	10	—
	Cascalheiras	25	35	15	—
	Areias	25	35	10	—
	Depósitos glaciares	15	30	5	—
	Lodos	10	20	2	(e)
	Argilas não compactadas	2	10	0	(e)
	Solos de cobertura	10	20	1	(e)

- (a) A porosidade eficaz aumenta devido à meteorização.
 (b) A porosidade eficaz aumenta devido a fenómenos de dissolução.
 (c) A porosidade eficaz diminui com a idade.
 (d) A porosidade eficaz pode aumentar com a idade.
 (e) A porosidade eficaz varia muito segundo as circunstâncias e o tempo.

Na Tabela 10 encontram-se referidos apenas valores de porosidade eficaz mínima, média e máxima para uma rocha maciça do tipo calcário.

Tendo em consideração que a rocha aflorante na pedreira em estudo não se apresenta homogénea, foi necessário estabelecer novos valores para a porosidade tendo em atenção as características geológicas e estruturais.

Para uma caracterização mais realista definiram-se três valores para a porosidade eficaz tendo em consideração o tipo de rocha e as suas características estruturais, que se encontram representadas na Tabela 11.

Tabela 11- Valores de porosidade eficaz atribuídos às litologias locais segundo as características da rocha presente na pedreira CMP.

Porosidade eficaz (h_e)	
Tipo de rocha	h_e
Calcário muito fraturado e carsificado	0,25
Calcário pouco fraturado	0,15 e/ou 0,10
Calcário maciço	0,05

Assim, tendo por base o pressuposto em Costa (1998) utilizaram-se as seguintes fórmulas:

Reserva reguladora (Rr)- m^3

$$Rr = A. \Delta h. \eta_e$$

Onde:

A- Área de ocorrência do aquífero (m)

Δh - variação média do nível da água subterrânea (m)

η_e - porosidade efetiva

Reserva permanente (Rp)- m^3

$$Rp = A. b. \eta_e$$

Onde:

A- área de ocorrência do aquífero (m)

B- espessura saturada do aquífero (m)

η_e - porosidade efetiva

Para determinação dos volumes foi necessário estabelecer a área aquífera, a espessura saturada, a variação média do nível da água subterrânea e a porosidade efetiva do meio geológico.

A espessura média saturada foi determinada segundo o objetivo principal desta dissertação, nomeadamente o volume hídrico subterrâneo armazenado. Posto isto, definiu-se uma espessura média de 43 metros, tendo em consideração que:

- (1) a cota de exploração atual é de aproximadamente 120 m;
- (2) o nível freático é de 118 m;
- (3) o nível freático médio é de 118,5 m;
- (4) a cota final de exploração deverá situar-se nos 80 m;
- (5) a posição das bombas (ou do nível piezométrico) deverá situar-se a uma cota final de 75 m;

A variação do nível de água subterrânea – **nível piezométrico local** - foi estabelecida através das medições bi-mensais realizadas entre os anos de 2014 e 2017 nos piezômetros (Anexo 2).

Definidos todos os parâmetros da equação, determinaram-se os valores da reserva reguladora e da reserva permanente. A partir destes estimou-se o volume de água subterrânea armazenado e necessário captar para rebaixar o nível piezométrico local e permitir o prolongar da exploração da pedreira até à cota 80 m.

Dependendo da porosidade eficaz, o volume hídrico armazenado vai variar, segundo o apresentado na Tabela 11.

- Se $\eta_e = 0,25$

Reserva reguladora (Rr)- m³

Reserva permanente (Rp)- m³

$$Rr = A. \Delta h. \eta_e$$

$$Rp = A. b. \eta_e$$

$$Rr = 1\,106\,225 \times (127 - 118) \times 0,25$$

$$Rp = 1\,106\,225 \times (118 - 75) \times 0,25$$

$$Rr = 2\,489\,006,25 \text{ m}^3$$

$$Rp = 11\,891\,918,75 \text{ m}^3$$

$$\Delta V_{arm}(\text{m}^3) = Rr + Rp$$

$$\Delta V_{arm} = 14\,380\,925 \text{ m}^3$$

- Se $\eta_e = 0,15$

Reserva reguladora (Rr)- m³

Reserva permanente (Rp)- m³

$$Rr = A. \Delta h. \eta_e$$

$$Rp = A. b. \eta_e$$

$$Rr = 1\,106\,225 \times (127 - 118) \times 0,15$$

$$Rp = 1\,106\,225 \times (118 - 75) \times 0,15$$

$$Rr = 1\,493\,403,75 \text{ m}^3$$

$$Rp = 7\,135\,151,25 \text{ m}^3$$

$$\Delta V_{arm}(\text{m}^3) = Rr + Rp$$

$$\Delta V_{arm} = 8\,628\,555 \text{ m}^3$$

- Se $\eta_e = 0,10$

Reserva reguladora (Rr)- m^3

$$Rr = A. \Delta h. \eta_e$$

$$Rr = 1\,106\,225 \times (127 - 118) \times 0,10$$

$$Rr = 995\,602,50 \, m^3$$

Reserva permanente (Rp)- m^3

$$Rp = A. b. \eta_e$$

$$Rp = 1\,106\,225 \times (118 - 75) \times 0,10$$

$$Rp = 4\,756\,767,50 \, m^3$$

$$\Delta V_{arm}(m^3) = Rr + Rp$$

$$\Delta V_{arm} = 5\,752\,370 \, m^3$$

- Se $\eta_e = 0,05$

Reserva reguladora (Rr)- m^3

$$Rr = A. \Delta h. \eta_e$$

$$Rr = 1\,106\,225 \times (127 - 118) \times 0,05$$

$$Rr = 497\,801,25 \, m^3$$

Reserva permanente (Rp)- m^3

$$Rp = A. b. \eta_e$$

$$Rp = 1\,106\,225 \times (118 - 75) \times 0,05$$

$$Rp = 2\,378\,383,75 \, m^3$$

$$\Delta V_{arm}(m^3) = Rr + Rp$$

$$\Delta V_{arm} = 2\,876\,185 \, m^3$$

Com o aumento da profundidade de exploração, o maciço calcário tende a ser mais compacto e, como tal, a apresentar menos falhamentos e carsificações. Assim, espera-se que a percentagem atribuída à porosidade eficaz (ou efetiva) vá diminuindo com a profundidade.

Aos volumes associados ao somatório da reserva permanente e da reserva reguladora, para os diversos valores da porosidade efetiva, é necessário acrescentar o volume hídrico que advém - do *input* hídrico e da drenância das camadas aquíferas inferiores – recarga aquífera mensal e anual.

6. Conclusões e recomendações

6.1. Conclusões

Das três pedreiras que constituem o Grupo da CMP, este estudo centrou-se na pedreira “Martingança-Maceira” - setor N - que explora calcários do Jurássico médio. O presente estudo resultou da necessidade de se dar continuidade aos trabalhos de exploração realizados no setor N da pedreira “Martingança-Maceira, nomeadamente de se conhecer melhor a hidrodinâmica subterrânea e de se estimar os volumes hídricos armazenados na pedreira. Atualmente já se procede à extração de água superficial e subterrânea da corta da pedreira. Esta operação é realizada através de um sistema de bombagem composto por duas bombas que extraíram 3 220 865 m³ de água no ano de 2016 para uma cota de aproximadamente 120 m.

Devido à falta de estudos geológicos e hidrogeológicos regionais e sobretudo locais, utilizaram-se como fonte bibliográfica principal os Relatórios internos fornecidos pela Empresa CMP.

Utilizando a série disponível de dados climatológicos regionais nomeadamente da precipitação atmosférica média, evapotranspiração real, calculou-se o excedente hídrico.

Tendo em conta a área plana da pedreira em estudo, de aproximadamente 111 ha, determinou-se que o *Input* hídrico proveniente da precipitação no domínio em estudo, que ronda os 1 041 622 m³ e os 391 604 m³ para um ano húmido e para um ano médio, respetivamente.

O valor obtido para o *Input* hídrico em ano médio, corresponde a 12% do volume de água extraído por bombagem da corta da pedreira durante o ano de 2016 (3 220 865 m³). Este valor pode atingir os 32% caso se verifiquem as características de um ano húmido. Como tal, a contribuição da água superficial é mínima quando comparada com a percentagem atribuída à água de origem subterrânea.

Para além dos cálculos médios anuais referidos anteriormente, realizou-se um balanço hídrico mensal ao nível do solo. Neste balanço considerou-se uma capacidade de campo de 100 mm e 50 mm, uma vez que a superfície nas pedreiras em exploração é caracterizada pela falta de vegetação e quase ausência de solo.

Os resultados globais deste balanço apontam para uma evapotranspiração real de 537 mm (capacidade de campo de 100 mm) e de 487 mm/ano (capacidade de campo de 50 mm).

O excedente hídrico foi determinado segundo o mesmo procedimento tendo sido obtido valores de 337 mm/ano e 387 mm/ano para uma capacidade de campo de 100 mm e 50 mm,

respetivamente. Os valores obtidos aproximam-se dos valores do balanço anual realizado com base na bibliografia consultada e confirmam a ocorrência de uma recarga superior a 30% da precipitação, uma vez que se considera que na pedreira “Martingança-Maceira” o escoamento não seja significativo.

Relativamente à piezometria na pedreira “Martingança-Maceira”, os elementos disponíveis desde 2014 apontam para uma evolução progressiva. No entanto, estudos realizados anteriormente a 2014 (carta de isopiezas realizada em setembro de 2004, Figura 31), indicam a localização do nível piezométrico na zona em estudo entre os 123 m a N e os 117 m na área central. Este enquadramento corresponderia a um gradiente hidráulico de 2%, com sentido de escoamento para Sul. Atualmente, não é possível inferir o sentido de escoamento, visto que não existem no mínimo 3 pontos de monitorização.

Com a instalação em 2014 dos piezómetros na pedreira “Martingança-Maceira”, foi possível determinar os níveis piezométricos locais, os quais apresentam um valor mínimo de 118 m (águas baixas) no verão e um valor máximo de 124 m no inverno (águas altas). As oscilações do nível freático encontram-se relacionadas com a variação na recarga natural e com a extração da água da corta da pedreira.

Considerando: (1) a área plana da pedreira “Martingança-Maceira” de aproximadamente 111 há e (2) que se pretende atingir uma cota final de exploração de 80 m, estima-se que o volume hídrico armazenado na rocha, para uma porosidade eficaz de 10% (valor atribuído a partir das observações de campo e da consulta de bibliografia especializada) atinja os 5 752 370 m³. Este valor aumenta para 8 628 555 m³ se considerarmos uma porosidade eficaz de 15%. A este volume exclusivamente proveniente da infiltração é necessário adicionar a fração da recarga aquífera associada à drenância lateral e de fundo, assim como, o volume extraído anualmente por bombagem.

Relativamente aos impactos das alterações nos níveis piezométricos locais e da implementação de maiores caudais de bombagem sobre a hidrologia local, não são previsíveis significativas alterações: a baixa densidade da rede de drenagem da região onde se encontra implantada a pedreira “Martingança-Maceira” conjugado com o facto de a mesma se situar no denominado Planalto de Maceira e não ser interetada por nenhuma linha de água, estando a mais próxima localizada a sul, aponta para que a exploração continuada dentro dos limites definidos atualmente e o posterior até à cota de 80 m (claramente abaixo do nível piezométrico local) não promovam alterações na hidrografia local, nem no regime de escoamento superficial. Em concordância com esta previsão, as linhas de água alimentadas com a água bombada da corta da pedreira deverão sofrer alterações graduais de modo a conseguirem drenar a água de forma natural e sustentada.

6.2. Recomendações

Perante os volumes hídricos determinados e a necessidade de uma bombagem contínua para assegurar a exploração a cotas mais baixas é aconselhável a realização implantação de novos piezómetros de forma a gerar um maior número de medições piezométricas com o objetivo de melhorar e definir, de forma segura, o gradiente hidráulico e posteriormente o sentido de escoamento. A rede piezométrica poderia ser alargada à área envolvente da pedreira, visto que a localização nas imediações da fábrica seria proveitosa, uma vez que permitiria consolidar a profundidade da superfície piezométrica (durante a realização desta dissertação foi produzido um Relatório não-publicado, com indicação de locais previstos para a instalação de novos piezómetros e realização de ensaios de caudal).

A existência de apenas três análises físico-químicas da água subterrânea local é muito deficitária, pelo que se recomenda a realização de novas análises, quer da água da corta da pedreira, quer dos piezómetros já existentes. Aconselha-se que sejam também realizadas análises da água superficial e subterrânea na área próxima da fábrica.

A água extraída deve continuar a ser utilizada no sistema interno da fábrica, assim como deverá continuar a contribuir para as atividades de lazer instaladas na freguesia de Maceira. Uma vez utilizada a água com origem na pedreira na região, poderia estender-se o seu uso a regas públicas e particulares, de forma a contribuir para a redução de períodos de seca, mas também de forma a contribuir para a recarga do Sistema aquífero. Caso haja presença de sólidos presentes na água, a mesma deveria ser decantada de forma a não causar futuras restrições ao seu uso.

A realização de estudos geofísicos promove o conhecimento quer de estruturas geológicas, quer de parâmetros de extrema importância, como resistividade e posterior condutividade elétrica, o que poderá adicionar informação sobre as águas subterrâneas.

De modo a prevenir problemas no escoamento da água bombada da corta da pedreira para o coletor principal, assim como possíveis problemas no rebaixamento do nível piezométrico derivado da bombagem contínua de água da corta da pedreira, recomenda-se a atualização do estudo realizado para o *“Período de Retorno de 100 Anos na Linha de Água Afluente da Ribeira de Maceira”* e do estudo realizado para os *“Cálculos dos Perímetros de Proteção das Captações Municipais na envolvente da Área da Pedreira “Martingança-Maceira”*, realizado pela Visa Consultores (2005).

Referências Bibliográficas

- Almeida, C., Mendonça, J. J., Jesus, M. R., & Gomes, A. J. (2000). *Sistemas Aquíferos de Portugal*. 307-310. *Continental*. Obtido em Novembro de 2016, de http://snirh.apambiente.pt/snirh/download/aquiferos_PortugalCont/Ficha_O18.pdf
- ambi22- Estudos e Projectos em Ambiente, L. (2005). *Plano de Pedreira*. Relatório Interno não publicado, CMP.
- APA. *Agência Portuguesa do Ambiente*. disponível em: <http://apambiente.pt>
- APA. (Junho de 2012). *Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis Integradas na Região Hidrográfica 4. (PGBH4)*. Técnico, Agência Portuguesa do Ambiente.
- Carraça, José Silva (2015). *II- Caracterização Socio-Territorial: Bases para o Desenvolvimento Sustentável e Propostas de Plano- Plano Diretor Municipal de Leiria*. Leiria : Município de Leiria.
- Carvalho, J., Midões, C., Machado, S., Sampaio, J., Costa, A., & Lisboa, V. (2011). *Maciço Calcário Estremanho*. Interno, Laboratório Nacional de Energia e Geologia.
- Carvalho, J. M. (2016). Conceptualização hidrogeológica (parte I): importância nas investigações geotécnicas de maciços terrosos. in Helder I Chaminé, Maria José Afonso e António Carlos Galiza. *Eduardo Gomes (1931-2008): Engenheiro, Docente Empreendedor* pp. 53-75.. Porto : Editores Científicos e LABCARGA|ISEP.
- Costa, W. D. (1998). Avaliação de reservas, potencialidade e disponibilidade de aquíferos. *X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas* (pp. 13-30). São Paulo: SP. Anais.
- Dias, A. J. (2005). Reavaliação do potencial petrolífero do onshore da Bacia Lusitaniana, Portugal. *I*. Porto.
- Guerreiro, S., Chambel, A., & Duque, J. (1998). Caracterização Hidroquímica das Águas Subterrâneas das Rochas Cristalinas dos Concelhos de Montemor-o-Novo e Vendas Novas- Nota Prévia. *Congresso Água*, (p. 9).
- IPMA. *Instituto Português do Mar e da Atmosfera*. disponível em: <http://ipma.pt>
- Kullberg, J. C. (2000). *EVOLUÇÃO TECTÓNICA MESOZÓICA DA BACIA LUSITANIANA*. Lisboa.

- Kullberg, J., Rocha, R., Soares, A., Rey, J., Terrinha, P., Azerêdo, A., . . . Nogueira, C. (2013). A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica. Em R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, & J. C. Kullberg (Edits.), *Geologia de Portugal* (Vol. II). Univ. Évora: Escolar Editora.
- Kullberg, R. R., Soares, A., Rey, J., Terrinha, P., Callapez, P., & Martins, L. (2006). A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica. 317-368. (R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, & J. Kullberg, Edits.)
- LeiriaPolis, S.A. (2001). *Estudo Hidrogeológico/Hidráulico do Rio Lis, na zona de intervenção do Programa Polis na cidade de Leiria*. Leiria : s.n., 2001. p. 51.
- LNEC (2011). *Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste*. Consulta pública, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Hidráulica e Ambiente, Lisboa.
- Marques, Nuno (1993). *Estudo geológico e químico da área de reserva*. CMP-Cimento Maceira e Pataias, S.A. Maceira : s.n., 1993. Relatório interno não publicado.
- Mira, F., Chambel, A., & Duque, J. (1998). Caracterização Hidroquímica das Águas Subterrâneas Correspondentes à Área da Carta Topográfica N.º 509 de Ferreira do Alentejo. *Congresso Água*, (p. 11).
- PDM (2010). Revisão do Plano Diretor Municipal. *PDM*. Leiria, Leiria, Portugal : s.n., 2010. Vol. I. Leiria, Portugal.
- PGBHOESTE (2012). *Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste*. Fichas de diagnóstico, Agência Portuguesa do Ambiente.
- Portal do Clima. *Portal do Clima*. disponível em: <http://portaldoclima.pt>
- Ramos, A., Cunha, P. P., & Cunha, L. (2013). *Geopatrimónio E Recursos Minerais Na Região Da Figueira Da Foz - Nazaré (Portugal Central) Geoeritage E Recursos Minerais Na Área Figueira Da Foz - Nazaré (Central Portugal)*. Portugal: Conferência: VI Congresso Nacional de Geomorfologia, 2013. p. 6.
- Silva, R.L, et al. (2013). *Palinofácies e caracterização de matéria orgânica da Formação de Cabaços (Bacia Lusitânica): contributos para a discriminação das dinâmicas paleobiológicas e paleoambientais em meios carbonatados predominantemente não-marinhos*.
- SNIRH. *Sistema Nacional de Informação dos recursos Hídricos*. disponível em: <http://snirh.pt>
- Vieira, Judite. *Transformações Biogeoquímicas na Bacia Hidrográfica do Rio Lis*. 2007. Porto:FEUP (2007). Tese de doutoramento, pg. 1-347.

- U. S. Department of the Interior. (1995). *Ground water manual : a water resources technical publication*. Washington: U. S. Department of Interior.
- VISA Consultores, S.A. (2005). *Estudo Hidrogeológico da Área da Pedreira "Martingança-Maceira"*. Leiria: Visa Consultore, 1-72. Relatório não publicado.
- VISA Consultores, S.A. (2005). *Cálculos dos Perímetros de Proteção das Captações Municipais na envolvente da Área da Pedreira "Martingança-Maceira"*. Leiria: Visa Consultores 1-20, Relatório não publicado.
- VISA Consultores, S.A. (2005). *Estudo Hidrogeológico para o Período de Retorno de 100 Anos na Linha de Água Afluente da Ribeira de Maceira*. Leiria: Visa Consultores, 1-20. Relatório não publicado.
- VISA Consultores S.A. (2012). *Estudo Hidrogeológico Pedreira Martingança-Maceira*. Leiria: Visa Consultores. Relatório não publicado.
- VISA Consultores, S.A. (2013). *Análise dos Impactes nos Recursos Hídricos Subterrâneos na Pedreira "Martingança-Maceira"*. Leiria: Visa Consultores, 1-25. Relatório não publicado.
- VISA Consultores, S.A. (2014). *Análise dos Impactes nos Recursos Hídricos Subterrâneos na Pedreira "Martingança-Maceira"*. Leiria: Visa Consultores, 1-34. Relatório não publicado.
- Zbyszewski, G., & Torres de Assunção, C. (1965). *Notícia Explicativa da Folha 22-D Marinha Grande*. Lisboa: Direção-Geral de Minas e Serviços Geológicos.

ANEXOS

Anexo 1

Análises químicas das amostras recolhidas *in situ* na *Pedreira “Martingança-Maceira” e na Pocariça*

ESPECIACAO DOS DADOS DE UMA ANALISE DE AGUA
PROGRAMA HDSPEC

AMOSTRA N. 1 DATA DA COLHEITA -- 17/05/2004
REFERENCIA -- Lagoa (Pedregosa calcária) DATA DA ANALISE -- 17/05/2004
CONDUTIVIDADE -- 078.00 DUREZA TOTAL -- 274.00 ppm CaCO3
RESIDUO SECO -- 0.00 mg/l ALCALINIDADE TAC -- 303.28 ppm CaCO3
POTENC. REDOX -- 0.00 V CO2 LIVRE -- 0.00 ppm CaCO3
TEMPERATURA -- 23.60 OXIGENIO DISSOLU. -- 0.00 ppm
PH -- 7.38 SULFUREO TOTAL -- 0.00 ppm

CATIONES			ANIOES		
	ng/l			ng/l	
Ca++	85.00		HCO3-	370.00	
Mg++	15.00		SO4--	93.00	
Na+	39.00		Cl-	61.00	
K+	3.00		F-	0.00	
Al+++	0.00		NO3-	22.00	
Fe++	0.00		SiO2	0.00	
Li+	0.00				
NH4+	0.00				

RESULTADOS DA ESPECIACAO :

FORÇA IONICA = 1.164754E-02
5 ITERACOES

POTENC. REDOX = 0.00 mV pE = 0.00
CO2 (g) -- 1.720007E-02 O2 (g) -- 0 H2S (g) -- 0

CATIONES			ANIOES				
	ppm	epm	%	ppm	epm	%	
Ca++	77.92	3.89	57.53	CO3--	0.44	0.01	0.15
Mg++	13.46	1.11	16.39	HCO3-	359.94	5.90	60.04
Na+	30.70	1.69	24.95	SO4--	81.94	1.71	17.60
K+	2.99	0.00	1.13	Cl-	61.00	1.72	17.75
Al+++	0.00	0.00	0.00	F-	0.00	0.00	0.00
Fe++	0.00	0.00	0.00	NO3-	22.00	0.35	3.66
Li+	0.00	0.00	0.00	SiO2	0.78	0.00	0.00
NH4+	0.00	0.00	0.00				

INDICES :

rMg/rCa = 0.28 rSO4/rCl = 0.99 rCl/rHCO3 = 0.29
rK/rNa = 0.05 rNa/Ca = 0.43 rNa/r(Ca+Mg) = 0.34
ITB = -0.01 SAR = 1.07 Rr = 5.13
ERB = 17.04

COEFICIENTES DE ACTIVIDADES :

H+	0.9007	CO3--	0.6545	NaCO3-	0.8994	FeSO4+	0.89
OH-	0.0737	HCO3-	0.8994	MgF+	0.8960	FeCl++	0.65
Ca++	0.6540	SO4--	0.6504	NaSO4-	0.8994	H3SiO4-	0.89
Mg++	0.6588	Cl-	0.8941	KSO4-	0.8994	H2SiO4--	0.65
Na+	0.8971	F-	0.8937	AlOH++	0.6545	LiSO4-	0.89
K+	0.8941	NO3-	0.8921	Al(OH)4-	0.8960	NH4SO4-	0.89
Al+++	0.4225	CaOH+	0.9011	AlSO4+	0.8960	Na2SO4	1.00
Fe++	0.6593	MgOH+	0.9025	AlF++	0.6545	H2S	0.89
Fe+++	0.4225	HSO4-	0.8960	FeOH+	0.8983	S--	0.89
Li+	0.9011	CaHCO3+	0.9011	FeCl+	0.8953	O2(aq)	0.65

COMPLEXOS (micromol)

CaOH+	1.983221E-03	MgF+	0	H3SiO4-	9.599911E-
MgOH+	1.610315E-03	NaSO4-	1.212290	H2SiO4--	1.097405E-
HSO4-	3.345503E-03	NaCl	1.394141E-02	LiSO4-	0
HF	0	HSO4-	3.014729E-02	LiOH	0
HCl	3.607199E-11	AlOH++	0	NH4OH	0
H4SiO4	164.6569	Al(OH)4-	0	NH4SO4-	0
CaHCO3+	172.1650	AlSO4+	0	KCl	3.075926E-
MgHCO3+	21.13544	AlF++	0	H2CO3*	2520.011
NaHCO3	3.121462	FeOH+	0	Na2SO4	6.955247E-
CaCO3	5.019242	FeSO4	0	Fe(OH)4-	0
MgCO3	3.495051	FeCl+	0	H2S	0
NaCO3-	1.027192E-02	Fe+++	14.32400	HS-	0
Na2CO3	5.605172E-06	FeOH++	0	S--	0

INDICES DE SATURACAO

MINERAL	LOG IS	MINERAL	LOG IS
ANIDRITE	-1.76755	ARAGONITE	0.11517
BRUCITE	-5.56155	CALCEDONIA	-0.23306
CALCIITE	0.25995	CLINOENSTATITE	-4.05370
CRISOTILO	-6.47536	CRISTOBALITE	-0.22804
DIOPSIDO	-4.74865	DOLOMITE	0.01030
DOLOMITE-DESOR.	-0.42073	DOLOMITE-ORD.	1.28529
FORSTERITE	-14.70143	GESSO	-1.45707
HALITE	-7.21186	MAGNESITE	-3.13717
QUARTZO	0.14370	SILICA GEL	-0.00070
TALCO	-4.94990	TREMOLITE	-0.15597
VATERITE	-0.31020	UOLASTONITE	-5.91776

ESPECIACAO DOS DADOS DE UMA ANALISE DE AGUA
PROGRAMA HIDSPEC

AMOSTRA N. 2 DATA DA COLHEITA -- 28/09/2004
REFERENCIA -- F 26 (Pedreira calc.) DATA DA ANALISE -- 06/10/2004
CONDUTIVIDADE -- 1200.00 DUREZA TOTAL -- 635.70 ppm CaCO3
RESIDUO SECO -- 0.00 ng/l ALCALINIDADE TAC -- 122.95 ppm CaCO3
POTENC. REDOX -- 0.00 U CO2 LIURE -- 0.00 ppm CaCO3
TEMPERATURA -- 18.20 ORIGENIO DISSOLU. -- 0.00 ppm
PH -- 7.30 SULFUREO TOTAL -- 0.00 ppm

CATIONES			ANIOES		
	ng/l			ng/l	
Ca++	210.00		HCO3-	150.00	
Mg++	27.00		SO4--	560.00	
Na+	54.00		Cl-	54.00	
K+	36.00		F-	0.00	
Al+++	0.00		NO3-	6.00	
Fe++	0.33		S102	9.00	
Li+	0.00				
NH4+	0.00				

RESULTADOS DA ESPECIACAO :

PORCA IONICA = 2.413701E-02
9 ITERACOES
POTENC. REDOX = 0.00 mV pE = 0.00
CO2 (g) -- 6.145011E-03 O2 (g) -- 0 H2S (g) -- 0

CATIONES			ANIOES				
	ppm	epm	z	ppm	epm	z	
Ca++	179.65	0.96	64.26	CO3--	0.17	0.01	0.04
Mg++	21.30	1.75	12.56	HCO3-	143.63	2.35	17.14
Na+	53.18	2.31	16.58	SO4--	460.50	9.75	71.02
K+	35.30	0.90	6.49	Cl-	54.00	1.52	11.09
Al+++	0.00	0.00	0.00	F-	0.00	0.00	0.00
Fe++	0.17	0.01	0.04	NO3-	6.00	0.10	0.70
Li+	0.00	0.00	0.00	S102	0.90	0.00	0.00
NH4+	0.00	0.00	0.00				

INDICES :

rMg/rCa = 0.20 rSO4/rCl = 6.40 rCl/rHCO3 = 0.65
rK/rNa = 0.39 rNa/Ca = 0.26 rNa/r(Ca+Mg) = 0.22
ITB = -0.14 SAR = 1.00 K_s = 3.68
ERB = -0.78

COEFICIENTES DE ACTIVIDADES :

H+	0.8837	CO3--	0.5681	NaCO3-	0.8682	FeSO4+	0.8662
OH-	0.8582	HCO3-	0.8682	MgF+	0.8636	FeCl++	0.5629
Ca++	0.5681	SO4--	0.5617	NaSO4-	0.8682	H3SiO4-	0.8609
Mg++	0.5757	Cl-	0.8589	KSO4-	0.8682	H2SiO4--	0.5681
Na+	0.8645	F-	0.8582	AlOH++	0.5681	LiSO4-	0.8662
K+	0.8589	NO3-	0.8553	Al(OH)4-	0.8636	NH4SO4-	0.8662
Al+++	0.3287	CaOH+	0.8710	AlSO4+	0.8636	H2CO3*	1.0061
Fe++	0.5757	MgOH+	0.8733	AlF++	0.5681	Fe(OH)4-	0.8682
Fe+++	0.3287	HSO4-	0.8636	FeOH+	0.8662	HS-	0.8582
Li+	0.8719	CaHCO3+	0.8710	FeCl+	0.8609	S--	0.5629
NH4+	0.8523	MgHCO3+	0.8609	FeOH++	0.5629	SP.NEU.	1.0056

COMPLEXOS (micromol)

CaOH+	8.057837E-03	MgF+	0	H3SiO4-	.3086112
MgOH+	1.116954E-02	NaSO4-	32.53601	H2SiO4--	1.311391E-05
HSO4-	.0131063	NaCl	5.630095E-02	LiSO4-	0
HF	0	HSO4-	15.70964	LiOH	0
HCl	2.340011E-11	AlOH++	0	NH4OH	0
H4SiO4	149.4667	Al(OH)4-	0	NH4SO4-	0
CaHCO3+	67.56897	AlSO4+	0	KCl	2.356364E-02
MgHCO3+	13.36058	AlF++	0	H2CO3*	252.3753
NaHCO3	2.205298	FeOH+	0	Na2SO4	.3930001
CaCO3	6.203773	FeSO4	0	Fe(OH)4-	0
MgCO3	.7102105	FeCl+	0	H2S	0
NaCO3-	4.750325E-02	Fe+++	2.754342	HS-	0
Na2CO3	3.078036E-05	FeOH++	0	S--	0

INDICES DE SATURACAO

MINERAL	LOG IS	MINERAL	LOG IS
ANIDRITE	-0.77250	ARAGONITE	-0.00156
BRUCITE	-5.74226	CALCEDONIA	-0.15301
CALCITE	0.06722	CLINOENSTATITE	-4.17154
CRISOFILO	-6.73603	CRISTOBALITE	-0.14167
DIOPSIDO	-4.71737	DOLOMITE	-0.61154
DOLOMITE-DESOR.	-1.09149	DOLOMITE-ORD.	0.70261
GESSO	-0.51500	HALITE	-7.14062
MAGNESITE	-3.15941	QUARTZO	0.24148
SILICA GEL	-0.72000	TALCO	-4.95013
TREMOLITE	-8.05336	VAIERITE	-0.51763
UOLASTONITE	-5.07369		

ESPECIACAO DOS DADOS DE UMA ANALISE DE AGUA
PROGRAMA HIDSPEC

AMOSTRA	N. 3	DATA DA COLHEITA	-- 28/09/2004
REFERENCIA	-- F28 (Pocaria)	DATA DA ANALISE	-- 06/10/2004
CONDUTIVIDADE	-- 770.00	DUREZA TOTAL	-- 420.10 ppm CaCO3
RESIDUO SECO	-- 0.00 ng/l	ALCALINIDADE TAC	-- 360.66 ppm CaCO3
POTENC. REDOX	-- 0.00 V	CO2 LIVRE	-- 0.00 ppm CaCO3
TEMPERATURA	-- 16.60	OXIGENIO DISSOLU.	-- 0.00 ppm
PH	-- 6.80	SULFUREO TOTAL	-- 0.00 ppm

CATIONES			ANIOES		
	ng/l			ng/l	
Ca++	150.00		HC03-	440.00	
Mg++	11.00		S04--	42.00	
Na+	23.00		Cl-	30.00	
K+	1.00		F-	0.00	
Al+++	0.00		NO3-	14.00	
Fe++	1.60		Si02	9.90	
Li+	0.00				
NH4+	0.00				

COMPLEXOS (micromol)

CaOH+	1.903221E-03	MgP+	0	H3Si04-	9.599911E-02
MgOH+	1.610315E-03	NaSO4-	1.212298	H2Si04--	1.099405E-06
HS04-	3.345503E-03	NaCl	1.394141E-02	LiSO4-	0
HF	0	KS04-	3.814729E-02	LiOH	0
HCl	3.607199E-11	AlOH++	0	NH4OH	0
H4Si04	164.6569	Al(OH)4-	0	NH4SO4-	0
CaHC03+	172.1650	AlSO4+	0	KCl	3.075926E-04
MgHC03+	21.13544	AlP++	0	H2CO3*	2520.011
NaHC03	3.121462	FeOH+	0	Na2SO4	6.955247E-03
CaCO3	5.019242	FeSO4	0	Fe(OH)4-	0
MgCO3	.3495851	FeCl+	0	H2S	0
NaCO3-	1.027192E-02	Fe+++	14.32400	HS-	0
Na2CO3	5.685172E-06	FeOH++	0	S--	0
CaS04	51.97827	FeSO4+	0	O2(aq)	0
MgS04	10.04449	FeCl++	0		

RESULTADOS DA ESPECIACAO :

FORCA IONICA = 1.326293E-02
? ITERACOES

POTENC. REDOX = 0.00 mV pE = 0.00
CO2 (g) -- 5.827719E-02 O2 (g) -- 0 H2S (g) -- 0

CATIONES				ANIOES			
	ppm	epm	%		ppm	epm	%
Ca++	140.02	7.03	70.41	CO3--	0.14	0.00	0.05
Mg++	10.23	0.04	9.39	HC03-	426.02	6.99	79.31
Na+	22.90	1.00	11.11	S04--	35.92	0.75	8.48
K+	1.00	0.03	0.28	Cl-	30.00	0.85	9.60
Al+++	0.00	0.00	0.00	F-	0.00	0.00	0.00
Fe++	0.00	0.03	0.32	NO3-	14.00	0.23	2.56
Li+	0.00	0.00	0.00	Si02	9.89	0.00	0.00
NH4+	0.00	0.00	0.00				

INDICES DE SATURACAO

MINERAL	LOG IS	MINERAL	LOG IS
ANIDRITE	-1.00544	ARAGONITE	-0.17357
BRUCITE	-7.10746	CALCEDONIA	-0.09206
CALCITE	-0.02350	CLINOENSTATITE	-5.48107
CRISOILO	-10.67489	CRISTOBALITE	-0.07800
DIOPSIDO	-7.08948	DOLONITE	-1.03140
DOLONITE-DESOR.	-1.52598	DOLONITE-ORD.	0.29234
GESSO	-1.64287	HALITE	-7.73693
MAGNESITE	-3.36670	QUARTZO	0.30868
SILICA GEL	-0.66953	TALCO	-8.73406
UAITERITE	-0.61289	VOLASTONITE	-6.96712

Anexo 1

Dados piezométricos durante o período de 2014-2017

Data	Hora	Piezômetro Calcário Este		Piezômetro Calcário Oeste		Piezômetro Margas	
		Profundidade da água (m)	Cota (m)	Profundidade da água (m)	Cota (m)	Profundidade da água (m)	Cota (m)
jan-14		5,5	129,5	12,0	138,0	18,0	157,0
fev-14		8,0	127,0	18,0	132,0	19,0	156,0
mar-14		8,0	127,0	21,0	129,0	29,0	146,0
abr-14		12,0	123,0	26,0	124,0	33,0	142,0
mai-14		13,0	122,0	28,0	122,0	36,0	139,0
jun-14		13,0	122,0	29,0	121,0	39,0	136,0
jul-14		13,0	122,0	29,0	121,0	40,0	135,0
ago-14		14,0	121,0	30,0	120,0	41,0	134,0
set-14		11,0	124,0	23,0	127,0	38,0	137,0
out-14		12,0	123,0	27,0	123,0	36,0	139,0
nov-14		12,0	123,0	26,0	124,0	29,0	146,0
dez-14		13,0	122,0	29,0	121,0	36,0	139,0
jan-15		12,0	123,0	27,0	123,0	30,0	145,0
fev-15		13,0	122,0	28,0	122,0	35,0	140,0
mar-15		14,0	121,0	30,0	120,0	40,0	135,0
abr-15		14,0	121,0	30,0	120,0	39,0	136,0
mai-15		15,0	120,0	31,0	119,0	40,0	135,0
jun-15		15,0	120,0	31,0	119,0	42,0	133,0
jun-15		15,0	120,0	31,0	119,0	42,0	133,0
jul-15		15,0	120,0	31,0	119,0	42,0	133,0
jul-15		15,0	120,0	31,0	119,0	43,0	132,0
ago-15		15,0	120,0	32,0	118,0	43,0	132,0
ago-15		16,0	119,0	32,0	118,0	43,0	132,0
set-15		16,0	119,0	32,0	118,0	43,0	132,0
set-15		16,0	119,0	32,0	118,0	43,0	132,0
out-15		16,0	119,0	32,0	118,0	43,0	132,0
out-15		16,0	119,0	32,0	118,0	42,0	133,0
nov-15		15,0	120,0	31,0	119,0	41,0	134,0
nov-15		15,0	120,0	31,0	119,0	40,0	135,0
dez-15		14,0	121,0	30,0	120,0	38,0	137,0
dez-15		14,0	121,0	30,0	120,0	35,0	140,0
jan-16		14,0	121,0	28,0	122,0	32,0	143,0
jan-16		13,0	122,0	27,0	123,0	30,0	145,0
fev-16		13,0	122,0	27,0	123,0	30,0	145,0
fev-16		12,0	123,0	26,0	124,0	30,0	145,0
mar-16		12,0	123,0	26,0	124,0	29,0	146,0
mar-16		13,0	122,0	26,0	124,0	29,0	146,0
abr-16		12,0	123,0	26,0	124,0	28,0	147,0
abr-16		12,0	123,0	26,0	124,0	28,0	147,0
mai-16		12,0	123,0	27,0	123,0	30,0	145,0
mai-16		13,0	122,0	27,0	123,0	30,0	145,0
jun-16		13,0	122,0	28,0	122,0	32,0	143,0
jun-16		14,0	121,0	29,0	121,0	32,0	143,0
jul-16		14,0	121,0	30,0	120,0	40,0	135,0
jul-16		14,0	121,0	30,0	120,0	40,0	135,0
ago-16		15,0	120,0	31,0	119,0	43,0	132,0
ago-16		15,0	120,0	31,0	119,0	43,0	132,0
set-16		15,0	120,0	31,0	119,0	43,0	132,0
set-16		15,0	120,0	31,0	119,0	43,0	132,0
nov-16		15,7	119,3	31,5	118,5	41,6	133,4
nov-16	12:10	13,0	122,0	25,7	124,3		
	14:15	13,7	121,3	26,4	123,6		
	15:15	13,2	121,9	26,8	123,2		
	17:00	13,2	121,8	27,3	122,7		
nov-16	9:45	14,7	120,3	29,7	120,3	35,2	139,8
	14:40	14,9	120,1	29,7	120,3		
nov-16	10:00	13,9	121,1	28,8	121,2	34,2	140,8
	16:00	13,9	121,1	28,9	121,2		
dez-16	9:45	14,7	120,3	29,7	120,3	35,2	139,8
	14:40	14,9	120,1	29,7	120,3		
jan-17		14,2	120,8	29,1	120,9	34,8	140,2
jan-17		14,0	121,0	28,7	121,3	33,6	141,4
fev-17		13,7	121,3	28,2	121,8	32,1	142,9