



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

Sistema Aquífero Condeixa-Alfarelos (O31)

Modelação hidrogeológica conceptual

José Eduardo Pais da Costa

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS

SETEMBRO, 2017



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

Sistema Aquífero Condeixa-Alfarelos (O31)

Modelação hidrogeológica conceptual

José Eduardo Pais da Costa

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

Doutora Paula Cristina Soares Garcia, DPI-ARH Centro, Agência Portuguesa do Ambiente

Setembro, 2017

Agradecimentos

Gostaria de referir o meu agradecimento e reconhecimento a várias pessoas pela contribuição e apoio ao longo dos anos e na realização desta tese, nomeadamente:

Ao Professor Doutor José Manuel Azevedo, orientador desta dissertação, pela amizade, disponibilidade, sugestões, e ensinamentos ao longo do Mestrado.

À Doutora Paula Garcia e ao Sr. Pedro Sobral, da APA, pela disponibilidade sempre demonstrada aquando as idas ao arquivo da instituição.

À Professora Doutora Ana Castilho, pela atenção e dicas sugeridas aquando da realização de algumas etapas da dissertação.

A todos os Professores que, ao longo destes anos, contribuíram para a minha formação académica, bem como a todos os funcionários do Departamento de Ciências da Terra.

À Rita Simões, minha namorada, por apoio incondicional ao longo destes anos e por tudo o que significa para mim.

À minha única amiga espanhola, Inês Freitas.

Ao João Santos, Hugo Torres, Tiago, Ricardo e Rafael Ronda colegas de casa, mas sobretudo amigos que levo para vida.

Aos meus colegas Cristiano Pereira, Tiago Estevão, António Barreto, Pedro Alves, Pedro Neves, André Pacheco, João Grou, Tiago Tavares, Francisco Veiga, Bruno Teixeira pelo companheirismo e amizade.

À minha família por todo o apoio, conforto e afeto.

Um reconhecimento aos meus PAIS, sem eles tudo isto não seria possível, por isso a eles o meu sincero obrigado

A todas as outras pessoas que não referi, mas que também contribuíram direta ou indiretamente na conclusão deste ciclo da minha vida.

RESUMO

A presente dissertação tem como objetivo principal a modelação conceptual do Sistema Aquífero Condeixa – Alfarelos (O31). No sentido de se atingir aquele objetivo procedeu-se à caracterização geológica e hidrogeológica dos terrenos ocupados por aquele Sistema, cuja área plana é de 185 km².

O desenvolvimento do trabalho baseou-se em 4 fases, (1) recolha de informação bibliográfica (neste ponto destaca-se a recolha de informação sobre sondagens/furos existentes na área em estudo junto da APA-ARH Centro), (2) reconhecimento de campo, (3) tratamento de dados (principalmente relatórios de furos/sondagens), (4) criação de modelos hidrogeológicos conceptuais para diferentes sectores da área estudada.

A pesquisa bibliográfica efetuada para a área em estudo e para a região envolvente assim como os reconhecimentos de campo de natureza geológica, geomorfológica e estrutural, permitiram complementar os conhecimentos hidrogeológicos do meio subterrâneo local e, em particular, do Sistema aquífero Condeixa-Alfarelos.

Os elementos referidos foram posteriormente complementados com dados constantes nos relatórios de furos/sondagens para captação de água na área em estudo nomeadamente dados litoestratigráficos e de localização de níveis aquíferos (ou produtivos)

Com base no conjunto de elementos recolhidos construíram-se modelos hidrogeológicos conceptuais para diversos setores da zona em estudo. Os modelos permitiram: (1) apresentar um refinamento, não só da geometria global do Sistema aquífero Condeixa-Alfarelos, como também dos limites das suas unidades aquíferas nos sectores N e W; (2) avançar com a possível existência de um quarto nível produtivo nos estratos sobrejacentes à Formação Finos de Lousões - C^2_{Ls} ; (3) expressar a ocorrência e a importância, ainda que com dimensão local, de unidades aquíferas suspensas, nomeadamente nas formações cenozoicas e sobrejacentes a Formação de Taveiro - C^2_{Ta} ; (4) uma melhor compreensão da hidrodinâmica subterrânea.

Palavras-chave: Hidrogeologia; Unidade aquífera; Furo; Modelação conceptual; Sistema Aquífero O31

ABSTRACT

The main objective of this dissertation is the conceptual modeling of the Condeixa - Alfarelos Aquifer System (O31). In order to reach that objective, it was made the geological and hydrogeological characterization of the lands occupied by that System, whose flat area is 185 km².

The development of the work was based on four phases: (1) collection of bibliographical information (highlight the collection of information on existing wells in the area under study from the APA-ARH Center), (2) field recognition, (3) data processing (mainly wells reports), (4) creation of conceptual hydrogeological models for different sectors of the studied area.

A bibliographical research carried out for a study area and for a surrounding region, such as geological, geomorphological and structural field recognitions, allowed to complement the hydrogeological knowledge of the local underground environment and, in particular, the Condeixa-Alfarelos aquifer system.

The mentioned elements were later complemented with data in the wells reports for water abstraction in the study area, namely lithostratigraphic data and localization of aquifer (or productive) levels.

Based on the set of collected elements were constructed conceptual hydrogeological models for several sectors of the zone under study. The models allowed to: (1) present a refinement, not only of the overall geometry of the Condeixa-Alfarelos aquifer system, but also of the limits of its aquifer units in the N and W sectors; (2) to advance with the possible existence of a fourth productive level in the adjacent strata to the Finos de Lousões Formation - C²_{LS}; (3) to express the occurrence and importance, albeit with local dimension, of suspended aquifer units, namely in the Cenozoic formations and overlying the Taveiro Formation - C²_{Ta}; (4) a better understanding of underground hydrodynamics.

Keywords: Hydrogeology; Aquifer unit; Well; Conceptual modeling; Aquifer System O31

ÍNDICE

Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1 Importância e enquadramento do tema estudado.....	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodologias	2
1.3.1 Pesquisa e recolha bibliográficas	3
1.3.2 Atividades de campo	3
1.3.3 Recolha e análise dos dados na ARH-Centro, APA.....	3
1.3.4 Atividades de gabinete.....	4
1.4 Área de Estudo	4
Capítulo 2 - Enquadramento Geral	6
2.1 Enquadramento Geográfico e Administrativo	6
2.3 Enquadramento Hidrológico	7
2.3.1 Enquadramento Climatológico.....	7
2.3.1.1 Temperatura.....	7
2.3.1.2 Precipitação atmosférica.....	8
2.3.1.3 Evapotranspiração.....	8
2.3.1.4 Escoamento Superficial	8
2.3.2 Enquadramento Hidrográfico.....	8
2.4 Enquadramento Geológico – Tectónico.....	10
2.5 Enquadramento Hidrogeológico	11
Capítulo 3 - Caraterização física local.....	13
3.1 Topografia	13
3.2 Geologia	15
3.2.1 Tectónica	25
3.4 Tipo, uso e ocupação do solo	26
.....	27
3.5 Fontes potencialmente contaminantes da água.....	27
Capítulo 4 - Hidrogeologia local	29
4.1 Caraterização e classificação hidrogeológica das formações locais.....	29

4.2 Modelo Hidrogeológico Conceptual	32
4.2.1 Recarga Aquífera	32
4.2.2 Descarga Aquífera	33
4.2.3 Hidrodinâmica subterrânea	34
4.3 Modelação hidrogeológica sectorial	36
Capítulo 5 – Conclusões e recomendações	41
5.1 Recomendações	42
Capítulo 6 – Bibliografia	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Quadro síntese metodológico seguido na elaboração da presente dissertação	2
Figura 2 - Localização geográfica do domínio de estudo (mapa gerado através de GoogleMaps)	4
Figura 3 - Enquadramento geográfico da área em estudo (adaptado de NUTS 2013, 2015 e CAOP, 2016).	6
Figura 4 - Enquadramento administrativo da área em estudo (adaptado de CAOP, 2016).	7
Figura 5 - Valores de precipitação anual para a estação de Coimbra, 1981-2010, (adaptado IPMA, 2016).....	8
Figura 6 - Enquadramento da área de estudo na Bacia hidrográfica do Mondego e limites do Plano de Gestão de Bacias Hidrográficas (Região 4), (adaptado SNIRH, 2016).	9
Figura 7 - Sub bacias hidrográficas do Mondego, adaptado SNIAmb (2017).....	9
Figura 8 - Enquadramento tectónico da Bacia Lusitaniana e de outras bacias da Margem Occidental Ibérica (adaptado de Kullberg et al., 2013).	10
Figura 9 - Unidades Hidrogeológicas de Portugal e respetiva localização da área em estudo (adaptado SNIRH, 2016).....	11
Figura 10 - Localização do sistema aquífero Condeixa-Alfarelos (adaptado SNIRH, 2016)	12
Figura 11 - Enquadramento topográfico da área em estudo (elaborado com o software ArcGIS 10.4.1 com base nas Cartas Militares 1:25 000, folhas nº230,240,241,250 e nº251)	13
Figura 12 - Rede viária e ferroviária da área em estudo (elaborado com o software ArcGIS 10.4.1 com base nas Cartas Militares 1:25 000, folhas nº230,240,241,250 e nº251)	14
Figura 13 - Modelo digital do terreno (MDT) da área em estudo (elaborado com o software ArcGIS 10.4.1 com base na altimetria das Cartas Militares 1:25 000, folhas nº230,240,241,250 e nº251).....	14
Figura 14 - Enquadramento Geológico da área em estudo (elaborado com o software ArcGIS 10.4.1) adaptado, da Carta geológica de Portugal 1:50000, Folhas 19-C e 19-D.....	15
Figura 15 - Identificação de desfasamentos entre contactos das folhas (19-C e 19-D) geológicas à escala 1:50000 da Carta Geológica de Portugal.....	17
Figura 16 - Mapa digital elaborado em ArcGIS 10.4.1 com os contactos geológicos redefinidos com base na informação recolhida em trabalho de campo.	18
Figura 17 - Terraços de 50 a 70m (Q ²) Localização: Mata da Fontinha.....	22
Figura 18 - Formação de Salabardos (Q _{sa}) Localização: Mesura	22
Figura 19 - Contacto entre Conglomerados de Espírito Santo (Q _{ES}) (superior) e Formação de Antanho (P _{AN}) (Inferior) Localização: Ladeira da Paula	23
Figura 20 - Formação de Bom Sucesso (E _{Bs}) Localização: Outeiros.....	23

Figura 21 - Contato entre Formação de Figueira da Foz(C^{1-2}_{FF}) (inferior) e Conglomerados de Espírito Santo (Q_{ES}) (superior) Localização: Cruz de Morouços	23
Figura 22 - Formação de Taveiro (C^{2}_{Ta}) Localização: Casal do Redinho.	23
Figura 23 - Pormenor da Formação Finos de Lousões (C^{2}_{Ls}) Localização: Corteses	23
Figura 24 - Pormenor dos Calcários de Trouxemil (C^{2}_{Tr}) Localização: Vila Nova de Anços	23
Figura 25 - Calcários de Trouxemil. (C^{2}_{Tr}) Localização: Costa de Arnes.....	23
Figura 26 - Enquadramento geológico da área em estudo elaborado com o software ArcGIS 10.4.1 (D2.8.II.4 INSPIRE -Norma utilizada para efeitos de atribuição de cores)	24
Figura 27 - Enquadramento geológico da área em estudo elaborado com o software ArcGIS 10.4.1 com tramas e cores idênticas à Carta Geológica de Portugal na folha 19-D, Coimbra-Lousã.	24
Figura 28 - Mapa Estrutural da região em estudo (criado no software ArcGIS 10.4.1, a partir dos dados das Cartas Geológicas 19-C Figueira da Foz e 19-D Coimbra	26
Figura 29 - Cartas do tipo de solo(esquerda) uso e da ocupação do solo (direita) da área em estudo (adaptado PGBH, RH4, 2012)	27
Figura 30 - Áreas aflorantes/recarregantes do sistema Aquífero Condeixa-Alfarelos, (adaptado PGBH, RH4, 2012).....	33
Figura 31 - Escoamento Subterrâneo do Sistema Aquífero Condeixa-Alfarelos, (adaptado PGBH, RH4, 2012).....	34
Figura 32 - Modelo conceptual da massa de água Sistema aquífero Condeixa-Alfarelos-SaCA (segundo PGBH, RH4 (2012))	35
Figura 33 - Localização dos 44 furos selecionados sobre as folhas nº 230-Coimbra, 240-Montemor -o-Velho, 241-Coimbra-Sul, 250-Soure 251-Condeixa-a-Nova da Carta Militar de Portugal	36
Figura 34 - Modelo conceptual criado com base em perfis gerados e os dados das sondagens (furos) reinterpretados	38
Figura 35 - Exemplo de log reinterpretado (id18).....	ii

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Caraterização hidrogeológica da unidade aquífera ($C2Ls$)	30
Tabela 2 - Caraterização hidrogeológica da unidade aquífera ($C2Tr$).....	30
Tabela 3 - Caraterização hidrogeológica relativos à unidade aquífera ($C1-2FF$).....	31
Tabela 4 - Dados reinterpretados relativos às sondagens fornecidas	iii

Capítulo 1 – Introdução

1.1 Importância e enquadramento do tema estudado

A água desempenha um papel fundamental no desenvolvimento social das comunidades antrópicas, assim como no desenvolvimento dos ecossistemas.

Sabe-se atualmente que se trata de um recurso renovável, mas finito, cuja disponibilidade é fortemente influenciada quer pela variabilidade climática quer pela forma como se utiliza (Hipólito & Vaz, 2011).

A água é o líquido mais abundante na Terra, contudo, somente 2,5% do volume total é água doce, sendo que, 0,3% deste corresponde a águas superficiais e sub - superficiais (Lvovich, 1979).

Sabendo a importância das reservas de água subterrânea, o conhecimento da sua ocorrência, fluxo e qualidade é importante para a gestão dos recursos hídricos e preservação do ambiente (Hipólito & Vaz, 2011).

A presente dissertação, que se insere no Mestrado de Geociências – ramo de Recursos Geológicos, procura mostrar a importância dos recursos hídricos subterrâneos circunscritos ao Sistema aquífero Condeixa-Alfarelos - SaCA, dando para isso o contributo num melhor conhecimento hidrogeológico, geológico e geomorfológico assim como no refinamento da geometria do mesmo.

1.2 Objetivos

Os objetivos da presente dissertação estão divididos em dois, níveis: estratégicos e táticos

Os objetivos principais incluem:

- Contribuição para o melhor conhecimento hidrogeológico e refinamento da geometria do Sistema aquífero Condeixa-Alfarelos (O31)
- Indicação de medidas de otimização do uso e gestão das massas de água subterrâneas nos domínios estudados;

os objetivos secundários incluem:

- Caracterização geológica, geomorfológica e hidrogeológica do sector em estudo;
- Interpretação e modelação conceptual da dinâmica das massas de água subterrânea do sistema aquífero Condeixa-Alfarelos (O31).

1.3 Metodologias

Nesta etapa são definidos os procedimentos empregues para se atingir e os objetivos anteriormente mencionados.

Estes métodos incluíram:

- Pesquisa e recolha bibliográfica;
- Atividades de campo
- Recolha e análise de dados de sondagens
- Elaboração de tabelas, mapas e modelos conceptuais utilizando software computacional

Abaixo apresenta-se sucintamente o quadro metodológico seguido (figura 1).

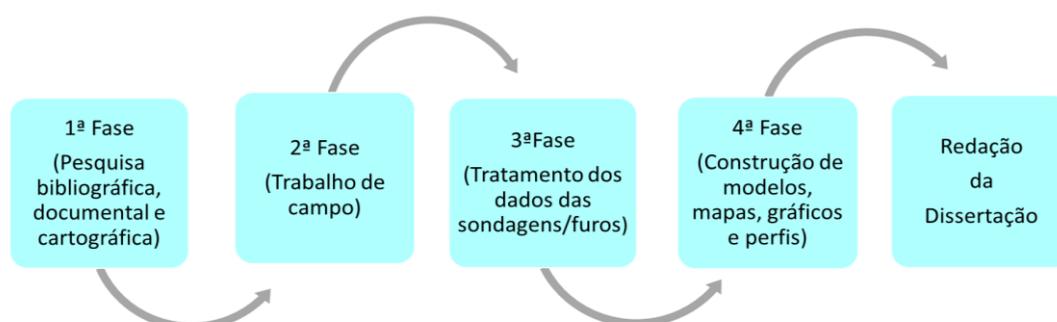


Figura 1 - Quadro síntese metodológico seguido na elaboração da presente dissertação

1.3.1 Pesquisa e recolha bibliográficas

Esta etapa incidiu principalmente na pesquisa de artigos científicos, dissertações, livros e páginas web que de alguma forma, global ou mais específico, tivessem relacionados com a temática em estudo.

A consulta topográfica e hidrográfica foi apoiada nas Cartas militares 1: 25000, folhas nº 230 - Coimbra; nº 240 – Montemor-o-Velho; nº 241 - Coimbra(Sul); nº 250 – Soure e nº 251 – Condeixa-a-Nova; a geológica, nas Cartas Geológicas 1:50000, folhas 19-C e 19 -D, Figueira da Foz e Coimbra, respetivamente e ainda na Carta Neotectónica de Portugal Continental (Cabral, 1998).

1.3.2 Atividades de campo

O trabalho de campo realizou-se entre outubro e maio de 2017 sendo que as atividades foram:

- Reconhecimento litológico – identificação de litologias e registo fotográficos das mesmas
- Reconhecimento de estruturas – identificação de estruturas tais como, falhas e contactos geológicos
- Reconhecimento de pontos e linhas de água – levantamento de pontos de água (poços) e identificação de linhas de água.

1.3.3 Recolha e análise dos dados na ARH-Centro, APA

Esta etapa da dissertação foi desenvolvida em colaboração com a instituição Agência Portuguesa do Ambiente (APA), através do DPI- ARH Centro, sob coordenação da Doutora Paula Garcia. Foram consultados elementos referentes a sondagens efetuadas na zona de estudo - Sistema aquífero Condeixa - Alfarelos (O31) – SaCA.

No total foram consultados (arquivo e em formato digital) elementos de 1113 pontos de sondagens. No entanto, após uma primeira seleção resumiu-se a consulta a cerca de 400 relatórios de sondagens, uma vez que, sendo dados relativos a diferentes janelas temporais (período compreendido entre 1994-2016), muitos deles eram duplicados.

Seguidamente foi feita uma segunda seleção promovendo a redução dos elementos inicialmente disponíveis para 120 pontos de estudo. Nesta fase o principal fator de escolha foi verificar se o relatório da sondagem (furo) tinha o número de parâmetros essenciais para tratamento futuro.

Dos 120 relatórios completos selecionaram-se 51, tendo em conta a distribuição espacial dos diversos pontos no SaCA: muitos pontos distavam escassos metros uns dos outros, nestes casos selecionaram-se os pontos com mais informação.

1.3.4 Atividades de gabinete

No conjunto destas atividades incluem-se o tratamento de dados através da elaboração de tabelas, mapas e modelos conceptuais utilizando software computacional. Os programas de software utilizados foram o ArcGIS 10.4.1, Excel, Word, PowerPoint e Paint.Net, sendo que foram uteis na elaboração de tabelas, documentos de texto, apresentações, mapas geológicos e/ou topográficos.

1.4 Área de Estudo

O domínio de estudo – Sistema aquífero Condeixa - Alfarelos (O31) – SaCA - localiza-se da Região de Coimbra, mais concretamente a SSW da cidade de Coimbra, na margem Sul do Rio Mondego (figura 2).

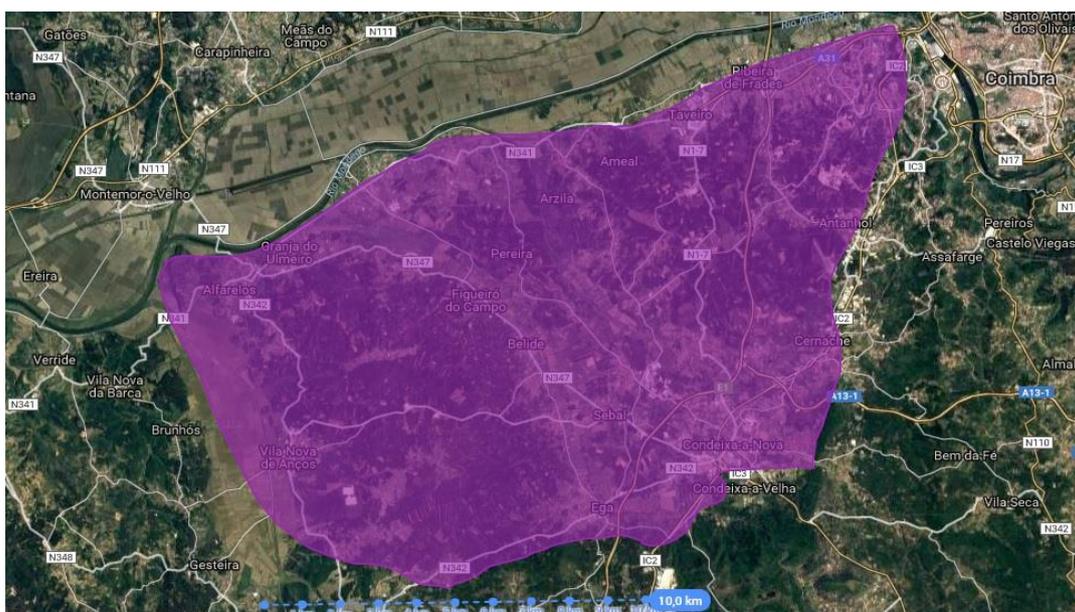


Figura 2 - Localização geográfica do domínio de estudo (mapa gerado através de GoogleMaps)

Este domínio está inserido na bacia hidrográfica do Mondego,

Os critérios inerentes na escolha da zona de trabalho foram:

- A existência de estudos de base a nível geomorfológico, geológico, hidrogeológico e estrutural.
- Situar-se na zona centro de Portugal e nas imediações da cidade de Coimbra facilitando assim as deslocações ao terreno;
- O desenvolvimento de um Estágio Curricular promovido pela colaboração entre o Departamento Ciências da Terra, da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra (FCTUC-DCT) e a Agência Portuguesa do Ambiente na Administração de Região Hidrográfica Centro (APA, ARH-Centro) que permitiu o acesso a uma base de dados (relatórios de sondagens) extensa e com grande interesse.
- Necessidade e pertinência de aumentar o conhecimento sobre as massas de água naturais, nomeadamente as inseridas no domínio em estudo.

Capítulo 2 - Enquadramento Geral

2.1 Enquadramento Geográfico e Administrativo

O setor em estudo, localiza-se, geograficamente em Portugal Continental (NUTS I – PT1), na Região Centro (NUTS II - PT16), mais detalhadamente na Região de Coimbra (NUTS III – PT16E) (CAOP, 2016) (figura 3).

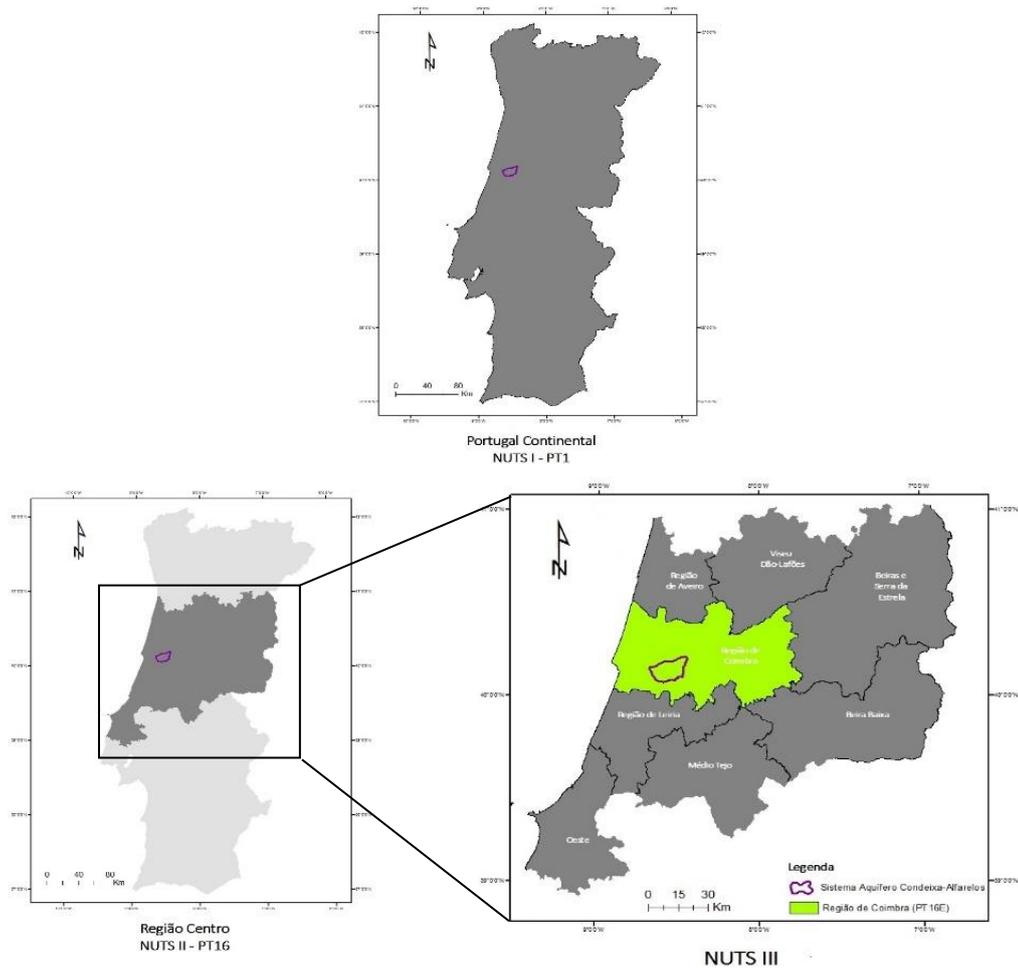


Figura 3 - Enquadramento geográfico da área em estudo (adaptado de NUTS 2013, 2015 e CAOP, 2016).

Administrativamente, o setor, situa-se no Distrito de Coimbra, sendo que as 19 freguesias abrangidas pela área de estudo (freguesias de Soure, Vila Nova de Anços, Figueiró do Campo, Alfarelos e Granja do Ulmeiro, União de freguesias de Condeixa-a-Nova e Condeixa-a-Velha, Ega, União de freguesias de Sebal e Belide, Cernache, Anobra, União de freguesias de Assafarge e Antanhol, Santo Varão, Pereira, União de

freguesias de Taveiro, Ameal e Arzila, União de freguesias de Santa Clara e Castelo de Viegas e União de freguesias de São Martinho o Bispo e Ribeira de Frades), estão inseridas nos concelhos de Coimbra, Condeixa-a-Nova, Montemor-o-Velho e Soure (figura 4).

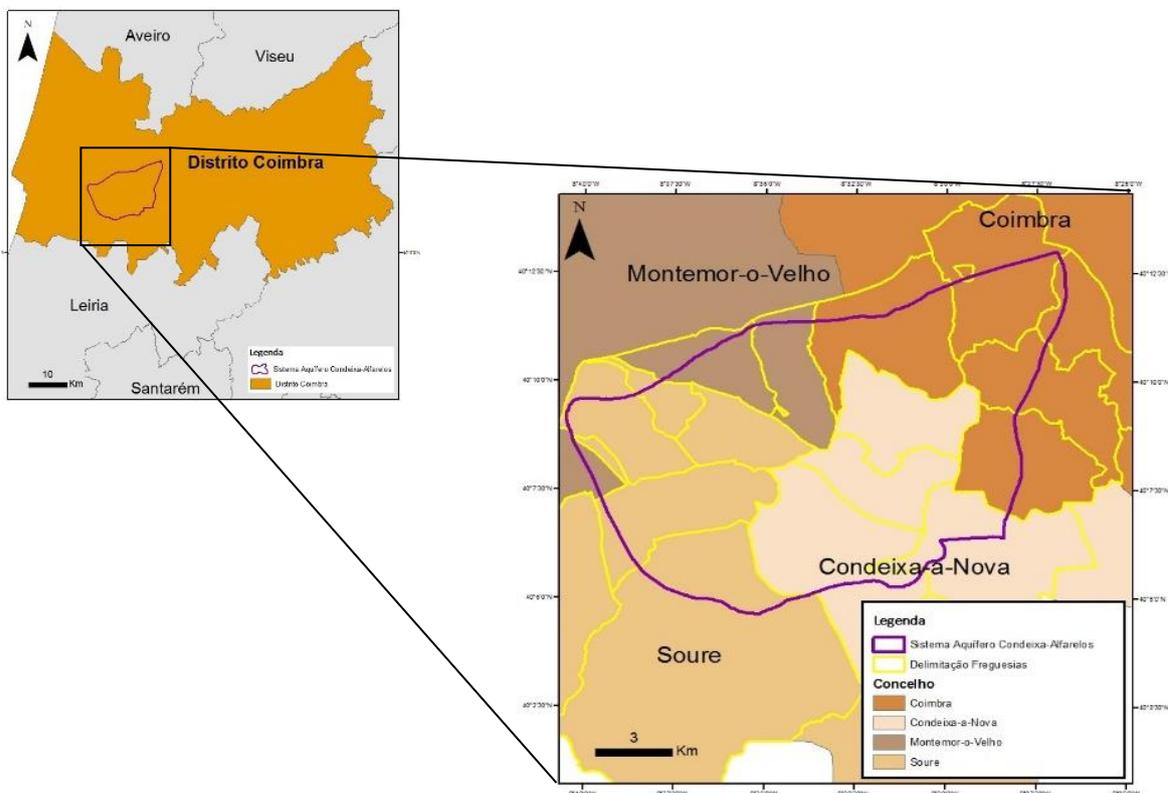


Figura 4 - Enquadramento administrativo da área em estudo (adaptado de CAOP, 2016).

2.3 Enquadramento Hidrológico

2.3.1 Enquadramento Climatológico

2.3.1.1 Temperatura

A temperatura média anual na região onde se insere a área de estudo, segundo dados do IPMA (1981-2010), predominantemente é de 14,5° C, sendo que a temperatura máxima média anual é de 21,5° C e a temperatura mínima média anual não ultrapassa os 10° C. Os meses mais frios, são registados entre novembro e março, superiores a 3° C, sendo que os meses mais quentes se situam entre junho e setembro em que a temperatura é de 26° C (IPMA, 2016).

2.3.1.2 Precipitação atmosférica

O valor médio anual da precipitação atmosférica é de 870 mm/ano, podendo assumir em anos húmidos valores próximos de 1200 mm/ano e não passando, em anos secos, de 650 mm/ano (IPMA, 2016) (figura 5).

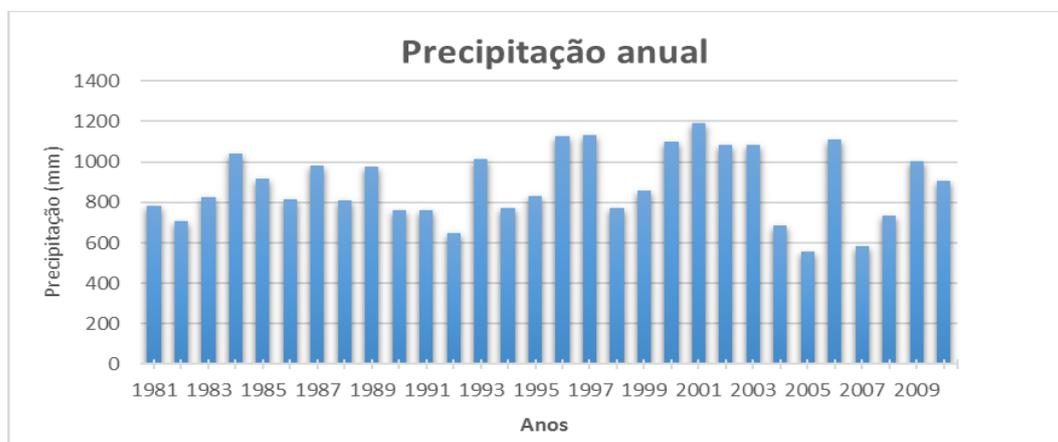


Figura 5 - Valores de precipitação anual para a estação de Coimbra, 1981-2010, (adaptado IPMA, 2016)

2.3.1.3 Evapotranspiração

Segundo dados do Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis, integradas na Região Hidrográfica 4 (PGBH4, 2012), a evapotranspiração real média, anualmente, tem valores entre os 540 - 550 mm/ano.

2.3.1.4 Escoamento Superficial

Na área de estudo o escoamento varia entre os 350-400 mm/ano (ano médio), entre 200-300 mm/ano (ano seco) e 500-600 mm/ano (ano húmido), segundo Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis, integradas na Região Hidrográfica 4 (PGBH4, 2012).

2.3.2 Enquadramento Hidrográfico

O sector em estudo encontra-se inserido na bacia hidrográfica do Mondego, pertencente ao Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis, integradas na Região Hidrográfica 4 (PGBH4, 2012) (figura 6).

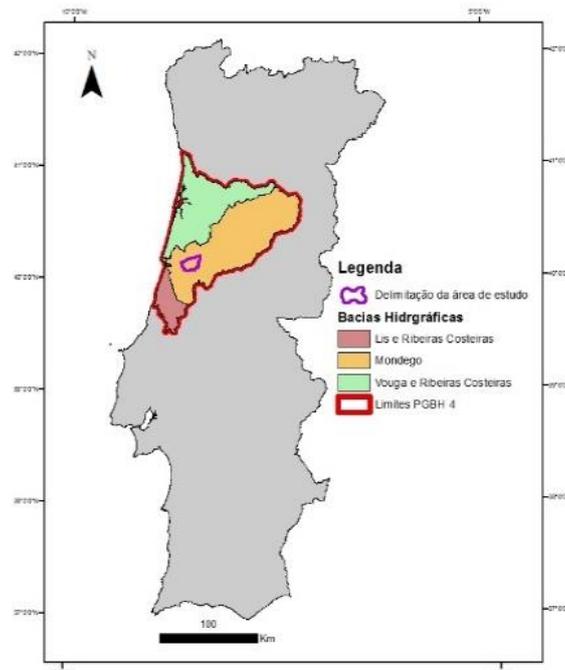


Figura 6 - Enquadramento da área de estudo na Bacia hidrográfica do Mondego e limites do Plano de Gestão de Bacias Hidrográficas (Região 4), (adaptado SNIRH, 2016).

Dentro da bacia hidrográfica do Mondego podemos acrescentar que a área em estudo abrange as sub bacias-hidrográficas do rio Arunca, Ribeira de Covões, Ribeira de Antanhol e Paul de Arzila, figura 7.

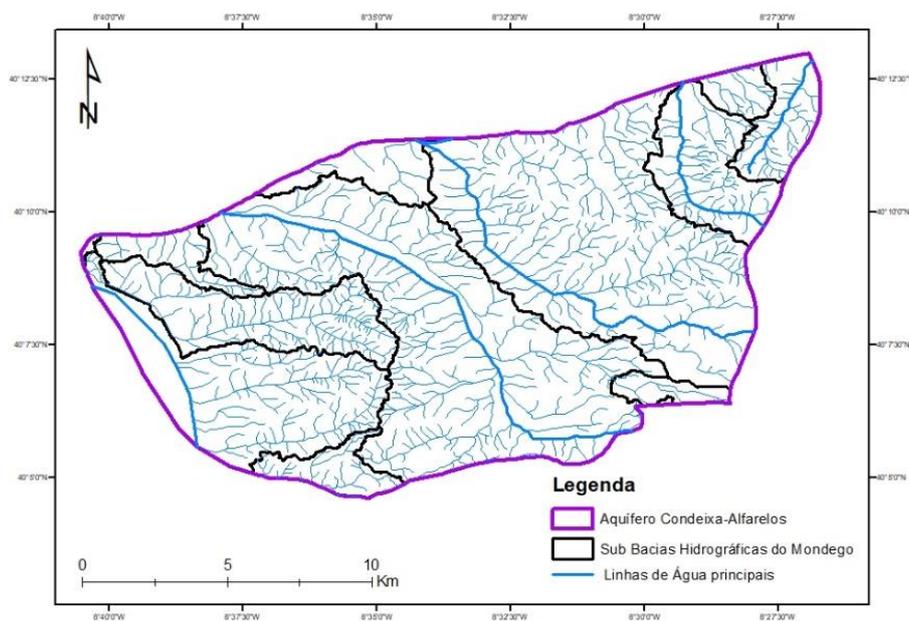


Figura 7 - Sub bacias hidrográficas do Mondego, adaptado SNIAMh (2017)

2.4 Enquadramento Geológico – Tectónico

A área de estudo, situa-se na Orla Mesocenozóica Ocidental, região que apresenta grande diversidade litológica e estrutural, correspondente, na sua quase totalidade, à Bacia Lusitânica. Presentemente encontra-se colmatada com rochas sedimentares, sendo que, as litologias aflorantes apresentam idades entre o Cretácico inferior e o Holocénico.

Enquadra-se num contexto da fragmentação da Pangeia, mais especificamente da abertura do Atlântico Norte, caracterizando-se como uma bacia distensiva com direção NNE-SSW (Kullberg *et al.*, 2013).

Esta encontra-se limitada a S pela Falha da Arrábida, a N pela Falha de Aveiro a E pela Falha Porto-Tomar e a W pela Bacia de Peniche (Rocha & Soares, 1984; Ribeiro *et al.*, 1996; Kullberg *et al.*, 2013) (figura 8).



Figura 8 - Enquadramento tectónico da Bacia Lusitânica e de outras bacias da Margem Ocidental Ibérica (adaptado de Kullberg *et al.*, 2013).

2.5 Enquadramento Hidrogeológico

A setor em estudo está inserido na unidade hidrogeológica – Orla Ocidental (figura 7), sendo que, os limites deste, correspondem aos limites do sistema aquífero Condeixa-Alfarelos (figura 9).

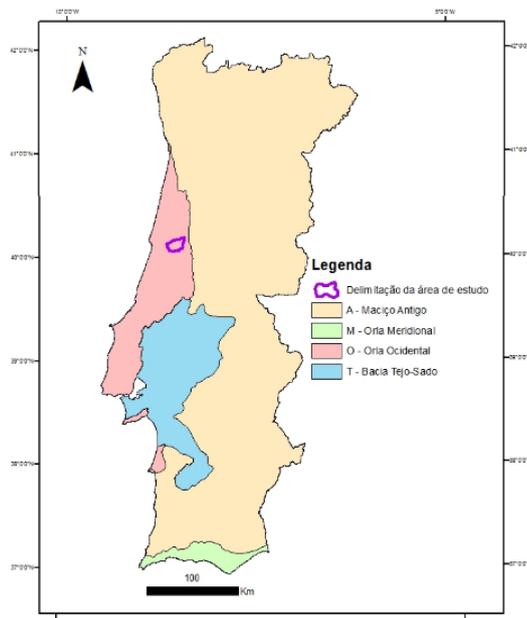


Figura 9 - Unidades Hidrogeológicas de Portugal e respetiva localização da área em estudo (adaptado SNIRH, 2016).

N e a NW pelo sistema aquífero (06) Aluviões do Mondego, a E pelo sistema aquífero (09) Penela-Tomar, a SW por um sistema aquífero indiferenciado e a SE pelo sistema aquífero (11) Sicó-Alvaiázere (figura 10). Juntamente com o com os sistemas aquíferos de Tentúgal e da Figueira da Foz-Gesteira, constitui o que Peixinho de Cristo (1998), designa por Sistema Multiaquífero Cretácico do Mondego (Sistemas Aquíferos Portugal, 2000)

O sistema aquífero como já referido é do tipo detrítico, variando a sua idade entre o Cretácico inferior até ao Holocénico. As unidades aquíferas produtivas estão datadas como sendo do Cretácico. Segundo Peixinho de Cristo (1998) são:

Arenitos finos de Lousões = **Formação Finos Lousões (C^2_{Ls})**, Calcários Apinhoados de Costa de Arnes = **Formação de Trouxemil (C^2_{Tr})**, e Arenitos do Carrascal = **Formação de Figueira da Foz (C^{1-2}_{FF})**, sendo que todas elas apresentam cargas hidráulicas diferentes com águas quimicamente distintas (Sistemas Aquíferos Portugal, 2000)

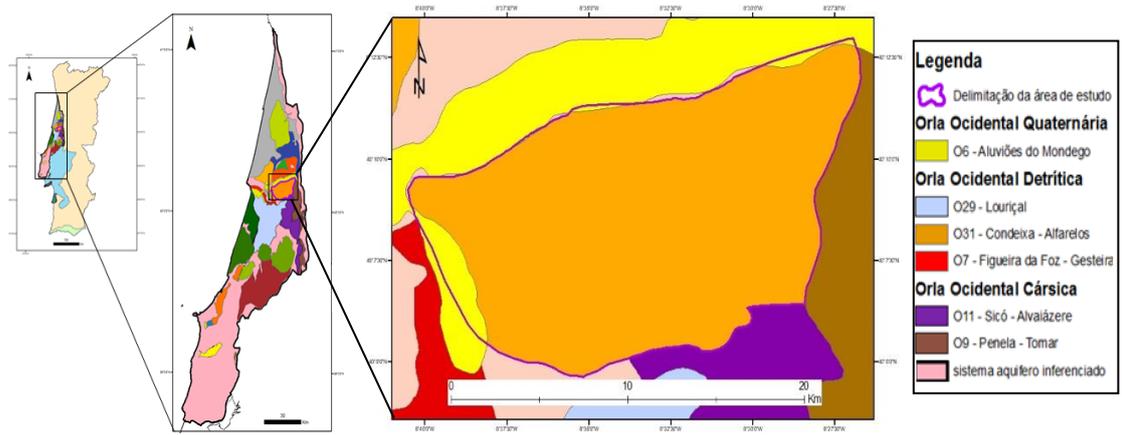


Figura 10 - Localização do sistema aquífero Condeixa-Alfarelos (adaptado SNIRH, 2016)

Capítulo 3 - Caracterização física local

No presente capítulo apresenta-se a caracterização geológica, morfologia Tectónico-Estrutural da área estudada -SaCA.

3.1 Topografia

O sector estudado está representado nas Cartas Militares do Exército, à escala 1:25000, nas folhas n.º 230 - Coimbra; n.º 240 - Montemor-o-Velho; n.º 241 - Coimbra-Sul; n.º 250 - Soure e n.º 251 - Condeixa-a-Nova (figura 11), com uma área plana de 185 km², aproximadamente.

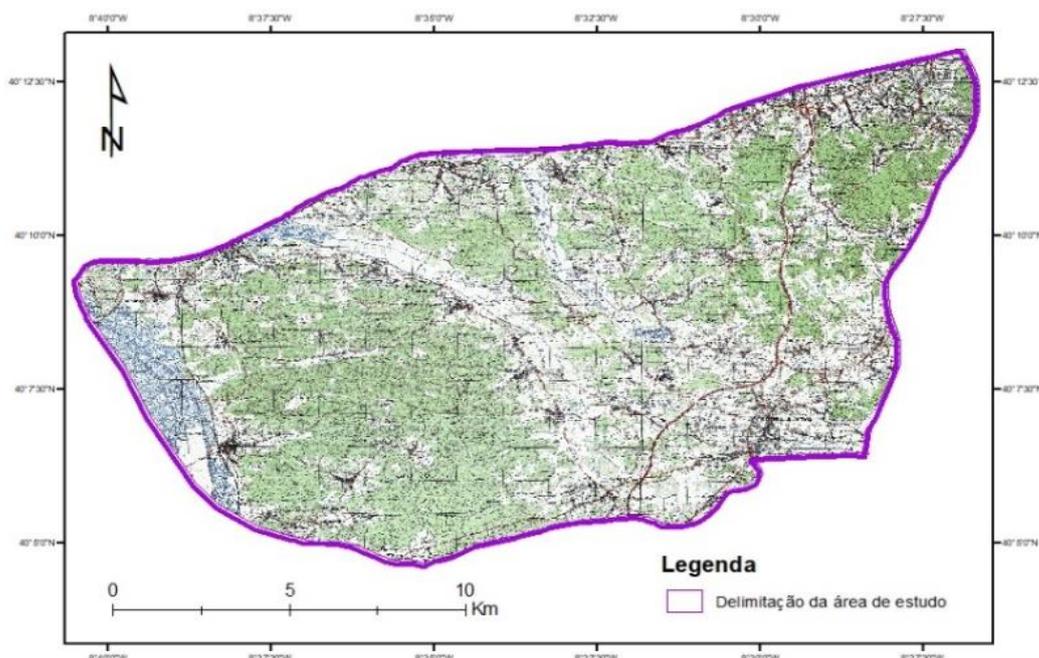


Figura 11 - Enquadramento topográfico da área em estudo (elaborado com o software ArcGIS 10.4.1 com base nas Cartas Militares 1:25 000, folhas nº230,240,241,250 e nº251)

A rede rodoviária é bem desenvolvida, destacando-se nesta área a passagem de NNE para S da autoestrada A1 e de E para S da IC2 e ainda, no seu sector N e W do troço ferroviário intitulado como Linha do Norte (figura 12).

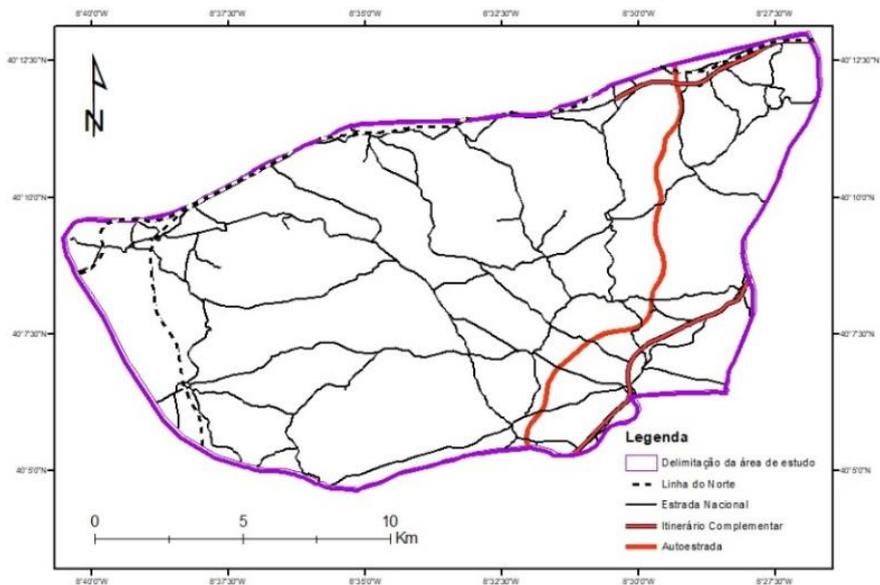


Figura 12 - Rede viária e ferroviária da área em estudo (elaborado com o software ArcGIS 10.4.1 com base nas Cartas Militares 1:25 000, folhas nº230,240,241,250 e nº251)

Após a criação do modelo digital de terreno (MDT) da área em estudo podemos observar que a zona é relativamente plana sendo que, os maiores relevos se encontram na zona E, nunca ultrapassando, contudo, os 200 m. Para a restante área os relevos são pouco pronunciados a não ser o caso a SW, em que existem cotas que podem chegar aos 120 -140 m (figura 13).

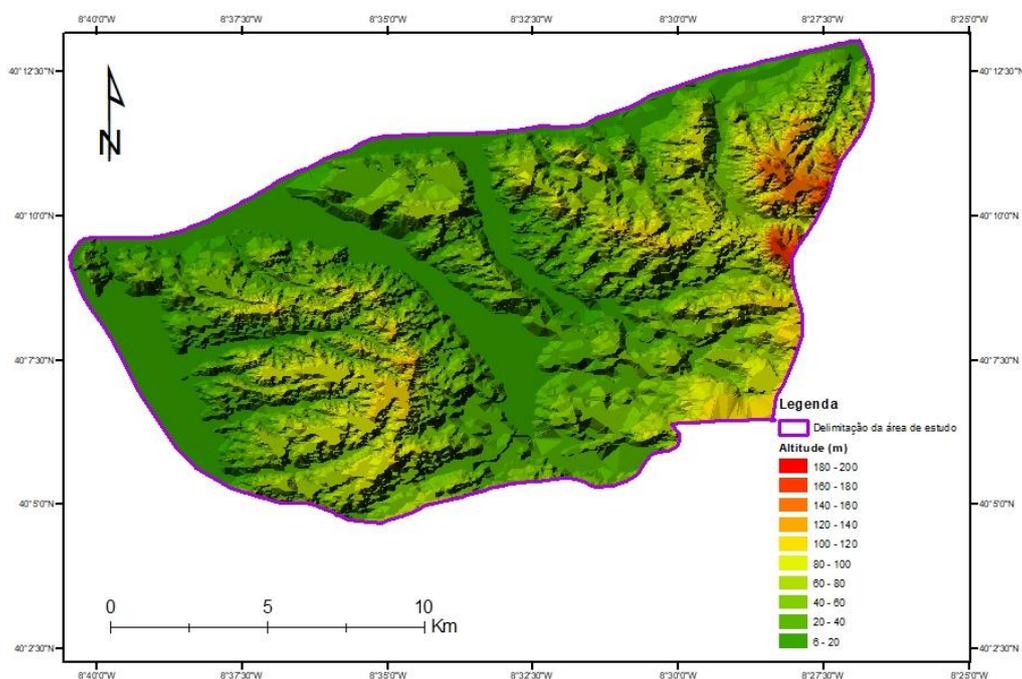


Figura 13 - Modelo digital do terreno (MDT) da área em estudo (elaborado com o software ArcGIS 10.4.1 com base na altimetria das Cartas Militares 1:25 000, folhas nº230,240,241,250 e nº251)

3.2 Geologia

A geologia local está representada nas Cartas Geológicas de Portugal à escala de 1:50 000, nas folhas 19-C e 19-D, Figueira da Foz e Coimbra-Lousã, respetivamente, (figura 14). As cartas contêm diferentes terminologias devido ao facto de serem elaboradas em anos diferentes. Atendendo a esse facto, a designação de todas as litologias descritas é conferida pela designação mais recente atribuída que, neste caso, está normalmente associada a folha 19-D, Coimbra-Lousã.

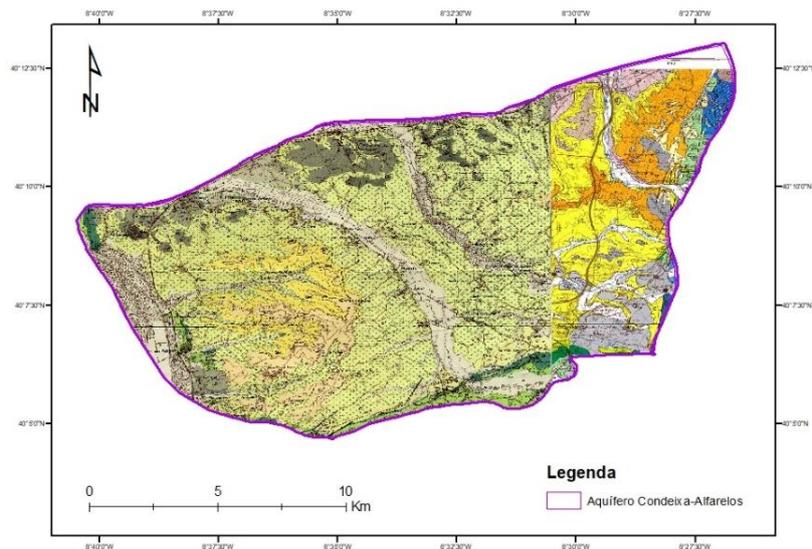


Figura 14 - Enquadramento Geológico da área em estudo (elaborado com o software ArcGIS 10.4.1) adaptado, da Carta geológica de Portugal 1:50000, Folhas 19-C e 19-D

Uma vez que a geologia da SaCA está representada em duas cartas geológicas de Portugal na escala 1:50.000, verificaram-se importantes disparidades nos limites adjacentes entre as cartas.

Estas inconsistências estão normalmente associadas a diferentes nomenclaturas aplicadas a uma mesma litologia, descontinuidade da informação geológica entre diferentes folhas, a desfasamentos na marcação de limites litológicos, utilização de diferentes equipas com critérios de mapeamento diferentes e o défice de marcação de estruturas geológicas.

Todos estes fatores levam a que os limites entre cartas, a esta escala, sejam hoje em dia, muito pouco precisos o que pode levar a erros de cálculo em trabalhos científicos ou técnicos.

O caso em questão ocorreu pela necessidade de obter um mapa geológico unificado correspondente a uma área onde eram englobadas duas cartas geológicas à escala 1/50000, sendo estas as folhas 19-C e 19-D.

1º Problema – Georreferenciação

Necessitando de ambas as cartas georreferenciadas em suporte digital, o primeiro problema foi a georreferenciação das mesmas, pois estas encontravam-se em formato gráfico.

Em suporte digital tinha-se as cartas topográficas e a altimetria (ambas em sistema de coordenadas ETRS 1989 Portugal TM06).

No entanto era necessário que a georreferenciação final fosse em WGS 84 pelo que primeiramente se georreferenciou em ETRS e só depois se alterou o resultado para WGS 84 através do método de transformação Ntv2 para reduzir ou mesmo eliminar na sua totalidade problemas de ajuste ou formatação.

Contudo, após ter os dois mapas geológicos devidamente georreferenciados, deparou-se com um segundo problema, inconsistências nos limites das folhas da carta geológica.

Inconsistências essas que eram:

- (1) Utilização de diferentes nomenclaturas para formações idênticas;
- (2) Desfasamento nas marcações dos contactos geológicos

(1)

Para a resolução deste problema consultou-se toda a bibliografia disponível, tal como as notícias explicativas de cada folha, para assim se conseguir datar e perceber as características geológicas de cada litologia, sendo que a solução final foi atribuir, quando a litologia era análoga e existia, de acordo com a bibliografia consultada, continuidade lateral entre litologias, a nomenclatura mais recente.

Exemplo: Na folha 19-D existe uma camada de arenitos com nomenclatura C⁴ (Formação de Lousões (Soares, 1966)). E na folha 19-C essa mesma camada tem nomenclatura C²_{LS} (Arenitos finos de Lousões (Rocha et al., 1981)), através das notícias explicativas, ficou-se a saber que ambas as camadas são idênticas em termos geológicos pelo que somente têm nomenclaturas diferentes visto terem sido alvo de

estudo em épocas distintas, logo nesta situação optou-se por atribuir a nomenclatura mais recentemente utilizada.

(2)

Neste caso foi necessário um nível de cuidado elevado pois estava em causa a delimitação de contactos geológicos.

Dos casos existentes, foi sempre necessário reconhecimento de campo, para que com essa informação se pudessem marcar os contactos com o máximo de precisão e fiabilidade.

Exemplo: Na Figura 15 pode-se observar a inconsistência entre contactos (aluviões e Formação de Taveiro, por exemplo) e na Figura 16 os contactos redefinidos de acordo com as informações recolhidas em trabalho de campo.

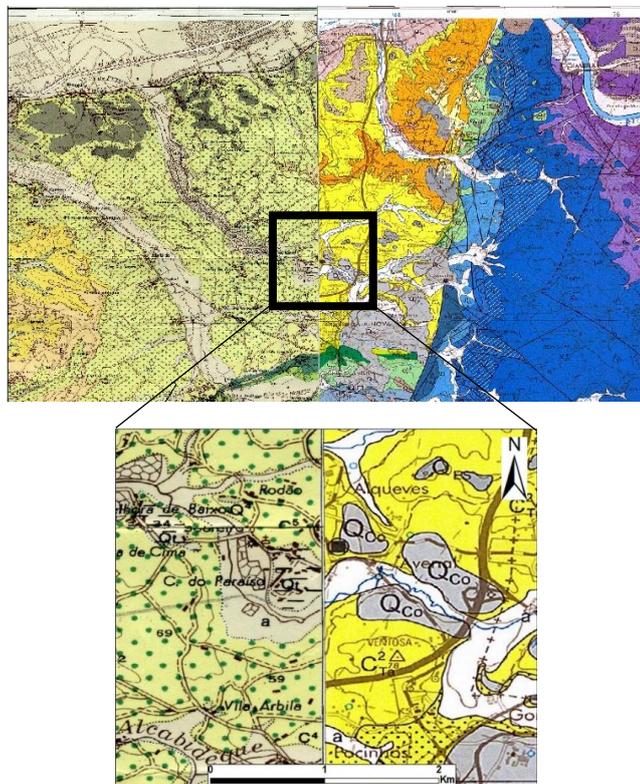


Figura 15 - Identificação de desfasamentos entre contactos das folhas (19-C e 19-D) geológicas à escala 1:50000 da Carta Geológica de Portugal

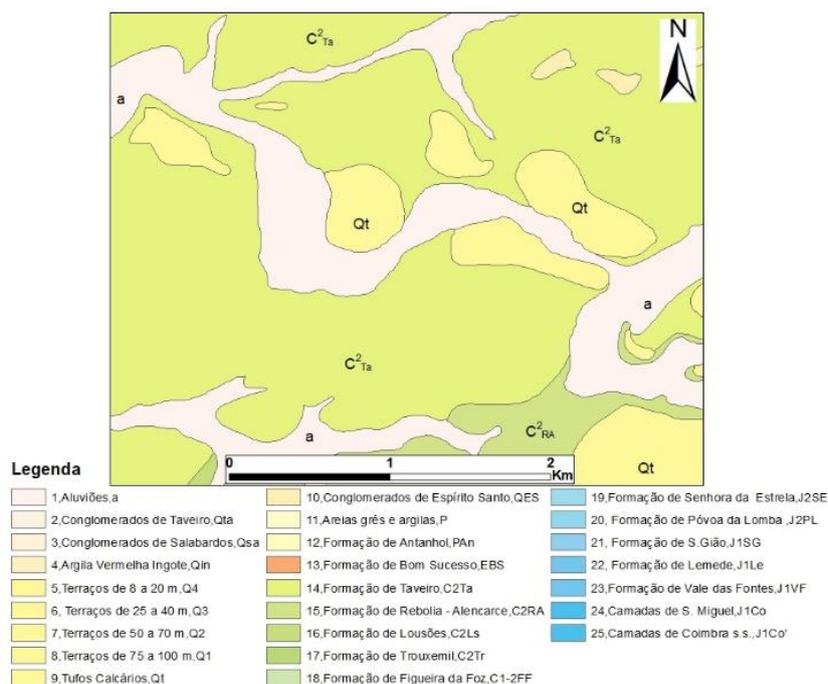


Figura 16 - Mapa digital elaborado em ArcGIS 10.4.1 com os contactos geológicos redefinidos com base na informação recolhida em trabalho de campo.

A sequência sedimentar local apresenta a seguinte sucessão litostratigráfica:

Aluviões (a) – Quaternário (espessura indefinida). Unidade bastante desenvolvida ao longo das margens N e S do Rio Mondego e também ao longo dos principais vales afluentes. Constituídos essencialmente por areias lodosa fina a grosseira, amarelada a acastanhada; areia de grão médio a grosseiro, amarelada, com conchas ou areia e/ou areão com seixos e/ou calhaus rolados (Rocha et al, 1981).

Conglomerados de Taveiro (Q_{Ta}) – Holocénico (espessura não definida).

Conglomerados de Salabardos (Q_{Sa}) – Plistocénico superior- Holocénico (espessura não definida).

Argilas Vermelhas Ingote (Q_{In}) – Plistocénico (espessura não definida).

Depósitos de Terraços (Q¹; Q²; Q³ e Q⁴) – Quaternário (espessuras de 20 ± 5 m). Segundo C. Romariz, (1981), tratam-se de terraços compostos por saibro grosseiro acastanhado e de cascalheira, nos níveis mais altos, passando a arenitos argilosos castanho-amarelados com alguns seixos e/ou a areia grosseira e cascalheira com

seixos bem rolados, nos níveis mais baixos. Assentam em conformidade sobre as Argilas de Taveiro.

Tufos de Condeixa (Q_{Co}) – Quaternário (espessuras entre os 10m e 20m).

A unidade corresponde a um corpo litoestratigráfico tufoso, carbonatado, onde dominam fácies de acumulação ricas em fósseis vegetais e gastrópodes terrestres e límnicos (Soares et al., 1997)

Conglomerados de Espírito Santo (Q_{ES}) – Plistocénico Inferior (espessura não definida).

Areias, Grés e Argilas (P) – Pliocénico (espessura indefinida). Representado por um complexo de areias, às vezes finas amareladas, com estratificação entrecruzada, com seixos, de grés argilosos e de argilas.

Formação de Antanho (P_{An}) – Pliocénico (espessura não definida)

Formação do Bom Sucesso (E_{Bs}) [= Areias do Buçaqueiro (Daveau,1976; Daveau et al., 1985/86; Cunha, 1992); = Formação de Buçaqueiro (Cunha, 1999)].

Paleogénico (espessura 80m ± 10m (Reis,1979, 1981, 1983)

Essencialmente arcossarenítica a subarcossarenítica muito grosseira, imatura, esbranquiçada a esverdeada, localmente acastanhada e/ou avermelhada e em corpos métricos com estrutura interna oblíqua de ângulo elevado, ou em ventre (Reis, 1981, 1983; Meyer & Reis, 1983). Desconforme sobre a formação subjacente.

Formação de Taveiro (C²_{Ta}) [= Areias e argilas de Taveiro (Soares et al., 1982); Areias e argilas de Taveiro (Reis, 1983); Arenitos e argilas de Taveiro (Barbosa et al., 1988); Areias e argilas de Taveiro (Soares & Gomes, 1997)].

Campaniano-Maastrichtiano (?) (espessuras 170± 30m (Reis, 1983)).

Segundo PGBH, 2012, esta formação é constituída por arenitos finos a grosseiros, conglomeráticos, argilas e argilitos, por vezes margosos, em geral vermelhos que dão lugar a alternâncias muito frequentes e caracterizadas por estruturas entrecruzadas. Ocorrem algumas intercalações areníticas, mas por terem estrutura lenticular a sua importância é reduzida.

Formação de Rebolia – Alencarce (C²_{RA}) [= Grés grosseiro superior (Soares, 1966); = Grés de Oiã + Grés de Verba (Barbosa, 1981) = Grés de Oiã (Barbosa et al., 1988); = Grés de Rebolia Alencarce + Grés grosseiro superior (Soares & Reis, 1984)].

Coniaciano-Santoniano (espessuras 55±5m).

Corresponde a articulações de corpos subarcosareníticos a quartzareníticos, de granulometria grosseira, submaturos a imaturos, com estruturas oblíquas e em ventre, localmente ricos em seixos e calhaus de quartzo e quartzito e cores esbranquiçadas a rosadas, por vezes avermelhadas (Soares & Reis, 1984).

Finos de Lousões (C²_{LS}) [= Grés micáceo fino a muito fino (Soares, 1966); = Grés de Furadouro (parte in Barbosa, 1981); Arenitos finos de Lousões (Rocha et al., 1981); Grés de Furadouro (Soares et al., 1985); = Grés de Furadouro (Barbosa et al., 1988).

Turoniano (espessura 12m ± 3m).

Segundo C. Romariz, sobre os Calcários Apinhoados da Costa de Arnes assenta em concordância a série arenítica intitulada de Arenitos finos de lousões, que é constituída da base para o topo por areias de grão médio a grosseiro de tonalidades vermelhas; areias de grão fino avermelhadas e areias muito finas carregadas de moscovite.

Formação de Trouxemil (C²_{Tr}) [= Calcários de Mamarrosa (Choffat, 1900 – mod. Costa, 1937; Barbosa, 1981); = Calcários e argilas de Carrajão (Teixeira & Zbyszewski, 1976); Calcários apinhoados da Costa de Arnes, Rocha *et al.*, (1981) = Calcários de Trouxemil (Soares, 1985)].

Cenomaniano–Turoniano (40±10m)

Segundo PGBH, 2012, são calcários, calcários margosos, grés calcários e margas, com textura concrecionada ou apinhoadas.

Formação de Figueira da Foz (C¹⁻²_{FF}) [= Grés sans fossiles marins = Grés du Bellasien (Choffat, 1900); = Grés grosseiro inferior (Soares, 1966); = Arenitos de Requeixo (Teixeira & Zbyszewski, 1976); = Arenitos de Carrascal (Rocha et al., 1981); Grés de Palhaça (Barbosa, 1981); Grés de Grada-Barcouço (Soares et al., 1985); Formação de Figueira da Foz (Dinis, 1999, 2001)].

Aptiano- Cenomaniano (espessura indefinida).

Segundo PGBH, 2012, esta formação assenta em discordância sobre as formações do Jurássico. é constituída em geral por arenitos mais ou menos argilosos, finos a grosseiros e por argilas em geral arenosas, sendo que do ponto de vista granulométrico, apresenta uma diminuição no calibre dos grãos da base para o topo.

Formação de Senhora da estrela (J^2_{SE}) [= Formação de Senhora da Estrela, Rocha (coord.) et al., 1996].

Bajociano – Batoniano (espessura 120m)

Constituída essencialmente por calcários micríticos e biodetríticos esbranquiçados (localmente em barras decamétricas) e amarelados.

Formação de Póvoa da Lomba (J^2_{PL}) [= pars Calcários margosos de Póvoa da Lomba, Barbosa et al., 1988; = Calcários azuis de Poço Central, Henriques, 1992; = Formação de Poço Central, Rocha (coord.) et al., 1996; Soares & Gomes, 1997]

Aaleniano- bajociano inferior (espessuras 40 ± 5 m)

Compreende, na base calcários margosos azulados e fossilíferos interestratificados para a parte superior com calcários biosparríticos também fossilíferos, esbranquiçados e acinzentados.

Formação de S.Gião (J^2_{SG}) [=Margas calcárias de S.Gião, Barbosa et al., (1988)]

Toarciano-Aaleniano Inferior (espessuras 145m)

Natureza essencialmente margo – calcária

Formação de Lemedo (J^2_{Le}) [= pars $J^1_e - J^1_f$ – Carixiano-Domeriano (Rocha et al., 1981); = Calcários margosos de Loreto (Soares et al., 1985); = pars (J^1_{Le}) – Margas e calcários margosos de Lemedo (Barbosa et al., 1988); = Formação de Lemedo (Duarte & Soares, 2002)]

Domeriano superior- base do Toarciano (espessura 15 ± 2 m)

Constituída essencialmente por bancadas de calcário micrítico e calcário margoso, por vezes a ultrapassar o metro e de cor acinzentada a amarelada, separadas por níveis margosos, geralmente cinzentos, com poucos centímetros de espessura.

Formação de Vale das Fontes (J^2_{VF}) [= pars $J^1_e - J^1_f$ – Carixiano-Domeriano (Rocha et al., 1981); = Margas de Eiras (Soares et al., 1985); = pars J^1_{ef} – Margas e calcários margosos de Vale das Fontes (Barbosa et al., 1988); = Formação de Vale das Fontes (Duarte & Soares, 2002)]

Carixiano – Domeriano Inferior (espessura 40 ± 10 m)

Segundo Duarte & Soares, 2002 é essencialmente constituída por margas, por vezes grumosas, de cor cinzenta escura, localmente acastanhadas, alternando com bancadas de calcário margoso de cor predominantemente cinzenta.

Formação de Coimbra

(“Camadas de S. Miguel” ($J^1_{co'}$) + “Camadas de Coimbra s.s.” (J^1_{co}) Segundo definições em Choffat (1903-1904) – Camadas de Coimbra + Camadas com Gryphaea obliqua; Teixeira et al., (1979) – Complexo carbonatado + Calcários e calcários margosos com Echioceras, Terebratula ribeiroi e Asterocheras; Mouterde & Rocha (1980-1981) - Dolomias e calcários dolomíticos – “Camadas de Coimbra” + Calcários e margo-calcários (Camadas com Gryphaea obliqua); Soares et al., (1988) – Camadas de Coimbra (parte); Rocha et al., (1990) – Formação de Coimbra = Camadas de Coimbra s.s. + Camadas de S. Miguel; Rocha (coord.) et al., (1996) – Formação calcária de Coimbra = Camadas de Coimbra + Camadas de S. Miguel; Duarte & Soares (2002) – Formação de Coimbra = Camadas de Coimbra s.s. + Camadas de S. Miguel.

Sinemurianiano – Carixiano Inferior (espessura 100 ± 30 m (Camadas de Coimbra s.s. = 60 ± 20 m; Camadas de S. Miguel = 40 ± 10 m))

A unidade corresponde ao sentido atribuído à Formação de Coimbra que, de baixo para cima, integra: (1) Dolomitos e calcários dolomíticos (J^1_{co}) = Camadas de Coimbra s.s.; (2) Calcários e calcários dolomíticos ($J^1_{co'}$) = Camadas de S. Miguel

Nas figuras 17 a 25 apresentam-se fotografias de algumas das formações aflorantes e acima descritas.



Figura 18 - Formação de Salabardos (Q_{Sa}) Localização: Mesura



Figura 17 - Terraços de 50 a 70m (Q^2) Localização: Mata da Fontinha.



Figura 19 - Contacto entre Conglomerados de Espírito Santo (Q_{ES}) (superior) e Formação de Antanho (P_{An}) (inferior) Localização: Ladeira da Paula



Figura 20 - Formação de Bom Sucesso (E_{Bs}) Localização: Outeiros



Figura 22 - Formação de Taveiro (C^2_{Ta}) Localização: Casal do Redinho.



Figura 21 - Contacto entre Formação de Foz (C^{1-2}_{FF}) (inferior) e Conglomerados de Espírito Santo (Q_{ES}) (superior) Localização: Cruz de Morouços



Figura 23 - Pormenor da Formação Finos de Lousões (C^2_{Ls}) Localização: Corteses



Figura 25 - Calcários de Trouxemil. (C^2_{Tr}) Localização: Costa de Arnes



Figura 24 - Pormenor dos Calcários de Trouxemil (C^2_{Tr}) Localização: Vila Nova de Anços

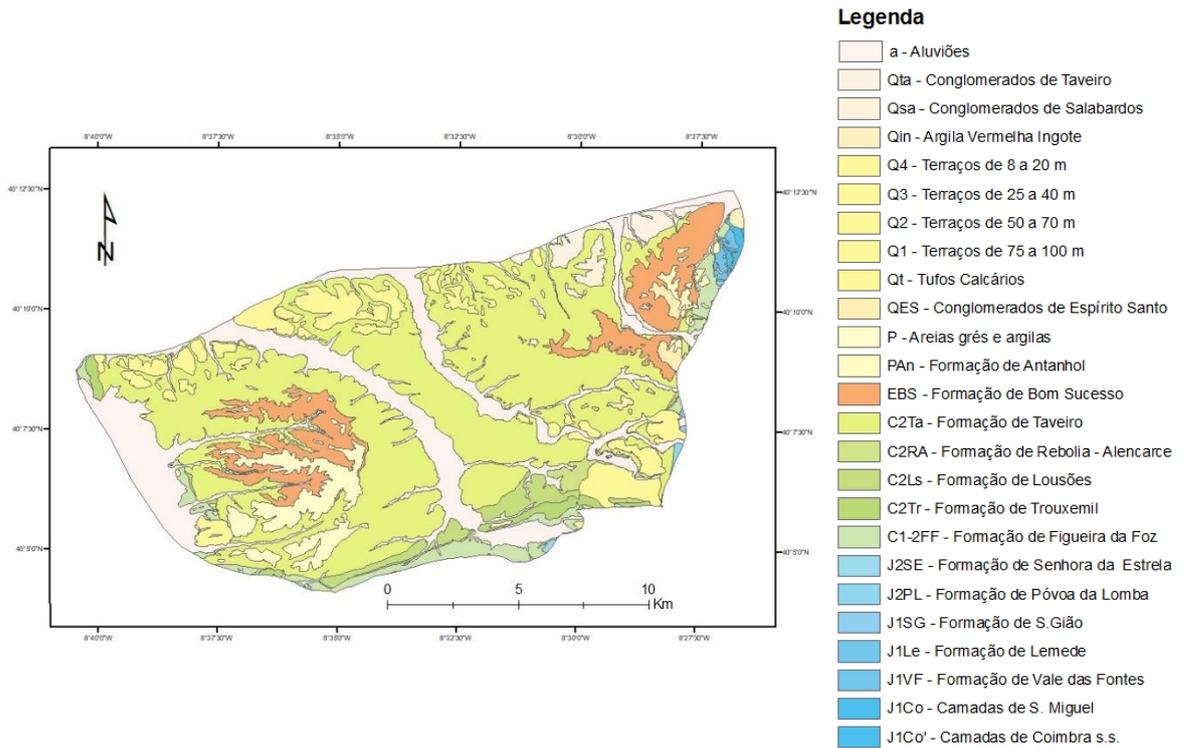


Figura 26 - Enquadramento geológico da área em estudo elaborado com o software ArcGIS 10.4.1 (D2.8.II.4 INSPIRE - Norma utilizada para efeitos de atribuição de cores)

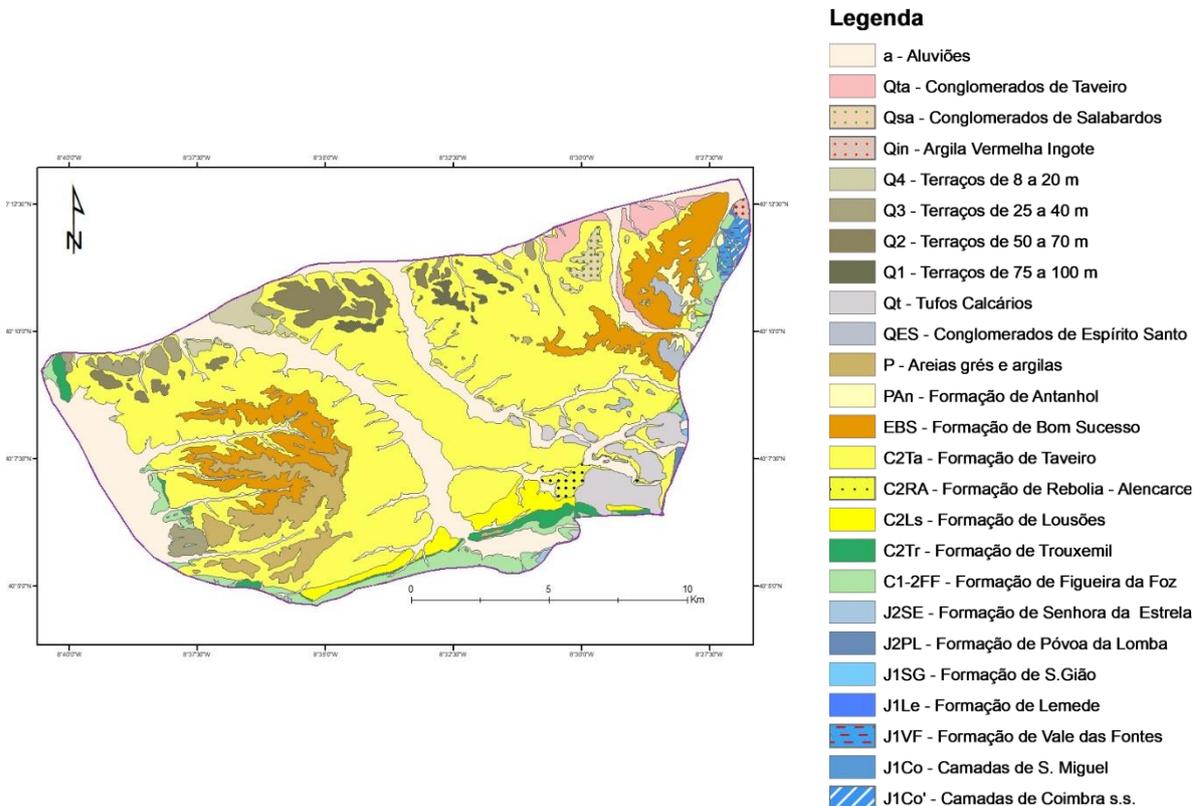


Figura 27 - Enquadramento geológico da área em estudo elaborado com o software ArcGIS 10.4.1 com tramas e cores idênticas à Carta Geológica de Portugal na folha 19-D, Coimbra-Lousã.

3.2.1 Tectónica

Segundo J.R. Parga (1969) e P.Gruneisen et al.,(1973) os grandes acidentes de orientação N65°E, orientação da falha da Nazaré, originaram fraturas que afetam a área em estudo (SaCA) e que são:

(1) Fraturas com orientação NNE–SSW; (2) Fraturas com orientação NW-SE,

(1) Terão sido provocadas pelo escorregamento do soco, ao longo do grande acidente da Nazaré, que foram responsáveis por induzir falhas e fraturas na cobertura mesozoica (P.Gruneisen et al.,1973)(Figura 28).

(2) Ligadas a um sistema conjugado da falha da Nazaré, sendo que é ao longo destas direções que se inseriram as estruturas diapíricas que afetam a região em análise, como o caso do diapiro de Soure.

É possível distinguir deste modo, a NE a zona sinclinal que se estende entre Arzila, Ega, Vila Nova de Anços e Alfarelos, prolongando-se para NW até as proximidades de Maiorca e Alhadassas (Rocha et. al., 1981). O sistema aquífero a E é limitado por segmento de falha muito extensa, com orientação quase meridiana, que põe em contacto o Cretácico com o Jurássico inferior, sendo considerada por Cabral e Ribeiro (1988) uma falha ativa.

A SW, o limite é dado pelos anticlinais diapíricos de Soure, onde o flanco N é responsável pelas inclinações das formações cretácicas.

A W acredita-se que o limite real é a falha em arco que limita a NE os anticlinais da Serra de Boa Viagem e de Verride e se prolonga pelo vale do Rio Arunca, ou seja, esta falha será o limite entre o sistema aquífero da Figueira da Foz – Gesteira e o sistema Aquífero em estudo, no segmento recoberto pelos aluviões do Rio Arunca (Sistemas Aquíferos Portugal, 2000

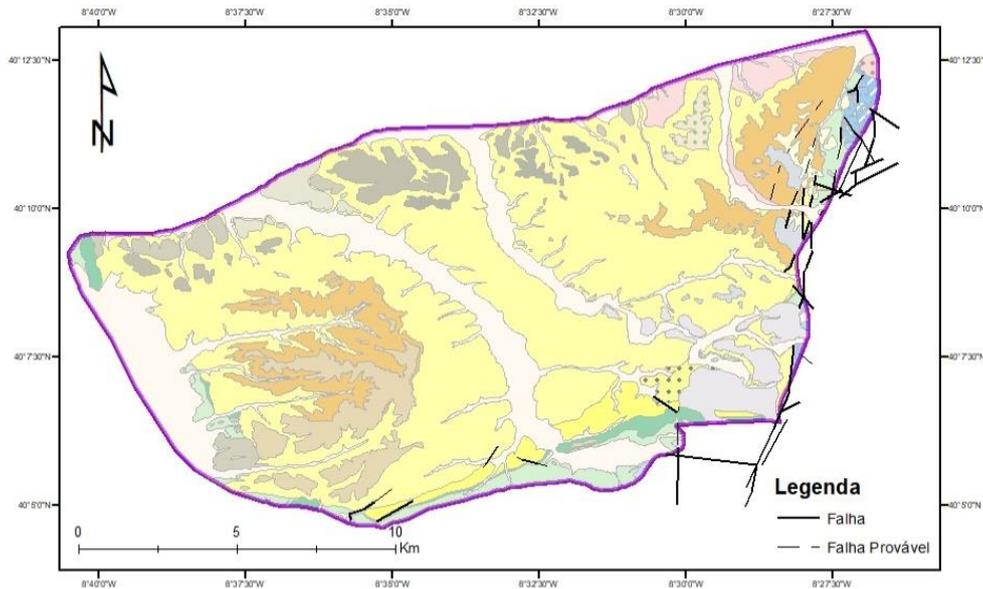


Figura 28 - Mapa Estrutural da região em estudo (criado no software ArcGIS 10.4.1, a partir dos dados das Cartas Geológicas 19-C Figueira da Foz e 19-D Coimbra

3.4 Tipo, uso e ocupação do solo

Podemos encontrar três diferentes tipos de solo na área do sistema Condeixa-Alfarelos sendo o Podzol Órtico, associado a Cambiossolos Êutricos, resultantes de rochas sedimentares post-Paleozoicas (origem em conglomerados e arenitos argilosos), aquele que têm maior expressão. Contudo, no setor norte e nas imediações das linhas de água relevantes, o tipo de solo é o Fluvissoilo Êutrico, enquanto que no sector S o Luvissoilo rodocrómico cálcico (originado em calcários margosos /dolomíticos e/ou conglomerados e/ou arenitos) é o predominante, uma vez que está intimamente ligado a uma faixa aflorante das Formações de Calcários de Trouxemil, de Figueira da Foz e de Finos de Lousões (figura 29). (PGBH-RH4, 2011)

No que diz respeito à ocupação do solo, podemos concluir que a presente área de estudo, na sua maioria, especialmente no seu interior, está ocupada por florestas de resinosa e/ou folhosas que correspondem pinheiros bravos e mansos e eucalipto (representados pelas cores de tons verdes), no entanto, nas imediações das linhas de água principais estão implementados pomares, olivais, vinhas e campos agrícola (figura 29).

Constata-se que a maior ocupação antrópica se encontra nos setores NE e SE, ou seja, as cidades de Coimbra e Condeixa-a-Nova, na restante área as povoações que se

encontram são dispersas e de pequena dimensão (ocupação antrópica representada por cores vermelhas-alaranjados) (figura 29).

De referenciar ainda são as manchas roxas que se encontram no setor E da área de estudo, pois a mancha mais a E (formato alongado) representa o aeródromo de Coimbra e as restantes (formatos mais arredondados) representam explorações de argilas (figura 29) (PGBH-RH4, 2012).

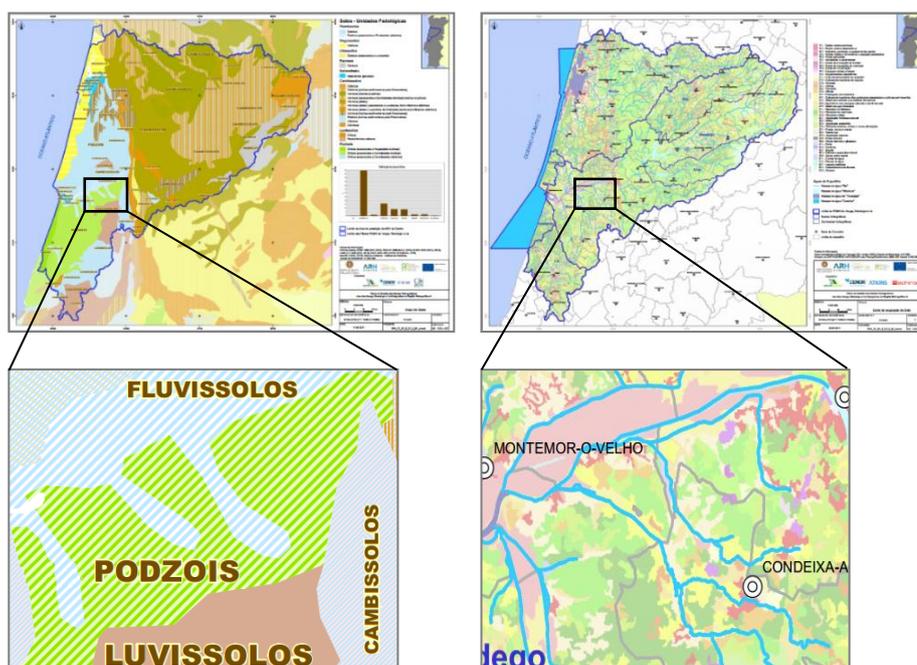


Figura 29 - Cartas do tipo de solo(esquerda) uso e da ocupação do solo (direita) da área em estudo (adaptado PGBH, RH4, 2012)

3.5 Fontes potencialmente contaminantes da água

Conhecer as fontes contaminantes é um passo importante para que se possa proceder à sua monitorização em casos mais avançados ou atenuar os efeitos nefastos que têm para com as águas quer superficiais quer subterrâneas.

Nesse âmbito as principais fontes potenciadoras de contaminação presentes na área em estudo são:

Agropecuária - na área em estudo, como patente no subcapítulo 3.4, a agricultura e a pecuária estão quase sempre associadas as linhas de águas perenes principais ou aos seus terraços aluvionares, pelo que a utilização inadequada de pesticidas e herbicidas não só vai afetar, no seu quase imediato, as águas mais superficiais como a longo prazo poderá mesmo levar à contaminação de níveis mais profundos do aquífero como pode

acontecer nas zonas de recarga do sistema aquífero em questão (capítulo 4). Na pecuária existem criações de gado caseiras (suíno/bovino/ovino e/ou caprino) que poderão ser preocupantes, uma vez que, muitas das vezes não existe um controlo dos dejetos animais, e estes, poderão infiltrar e contaminar níveis aquíferos produtivos.

Industrial – na área em estudo estão presentes variados tipos de indústria, no entanto aquela que talvez possa ter um impacto mais acentuado na qualidade da água seja a indústria extrativa (extração de argilas) pelo facto de alterar a morfologia do terreno atingindo níveis aquíferos e podendo contaminar de forma direta massas de água subterrâneas

Doméstica – Sendo a área em estudo largamente ocupada nos seus setores N, NE e SE, é de esperar a contaminação direta das águas superficiais, e ainda, pela existência de aldeias mais afastadas das zonas urbanas que não têm saneamento básico, através das fossas sépticas ou até mesmo a inexistência delas, contaminação de massas de águas subterrâneas.

Estruturas de recolha e depósitos de lixo/resíduos – embora atualmente desativada, é provável que existam na antiga estação de tratamento de resíduos sólidos de Coimbra situada a NE de Anobra, lixiviados resultantes da circulação de águas através da lixeira que já se terão infiltrado. Como está assente sobre a Formação de Taveiro que contém forte componente argilosa, tem, contudo, drenância vertical descendente, pelo que, é expectável que num futuro próximo estes possam chegar a níveis aquíferos profundos e deste modo contaminá-los.

Capítulo 4 - Hidrogeologia local

Neste capítulo apresentam-se as principais características hidrogeológicas do domínio em estudo – Sistema aquífero Condeixa-Alfarelos - SaCA, tendo por base os elementos expressos nos capítulos anteriores e os dados interpretados das sondagens (furos) cedidos pela APA, ARH-Centro.

4.1 Caracterização e classificação hidrogeológica das formações locais

Segundo o PGBH da RH4, (2012) o sistema aquífero Condeixa-Alfarelos, em termos hidrogeológicos é diferenciado em 4 unidades aquíferas, sendo elas, do topo para a base:

Formação de Taveiro - C²_{Ta} – Como referida no subcapítulo 3.3, trata-se de uma formação sobrejacente e que ocupa maioritariamente a área ocupada pelas massas de água em estudo. Esta formação não integra o leque das camadas hidrogeológicas produtivas devido a sua forte componente argilosa, mas é importante devido ao seu comportamento tipo aquífero pois leva a fenómenos de confinamento e semi-confinamento das camadas aquíferas subjacentes. Salientar que esta formação apresenta níveis mais areníticos (com pouca expressão vertical) e que por sua vez poderão recarregar a massa de água por drenância vertical descendente. A pesquisa de água subterrânea nesta formação é quase sempre sinónimo de insucesso, havendo furos com caudais inferiores a 1 ou 2 L/s (PGBH, RH4, 2012), contudo nas saídas de campo efetuadas observou-se um número significativo de poços pouco profundos (<10 m), implementados nesta mesma formação, tendo estes um papel fundamental no regadio de pequenas culturas agrícolas.

Finos de Lousões - C²_{Ls} – Formação constituída essencialmente por areias de grão média a grosseiro. Onde esta formação aflora (faixa aproximadamente E-W a S da área estudada) é considerada como aquífero livre, por isso parte integrante na recarga direta das massas de água subterrâneas, sendo considerada aquífero confinado a semi-confinado quando subjacente à formação de Taveiro. Segundo o PGBH RH4, de entre as três formações produtivas que constituem o sistema, esta é que apresenta o maior interesse hidrogeológico. Não existem captações que se restrinjam a este nível produtivo, daí não existir bibliografia que nos diga a produtividade da formação, contudo

sabe-se que a série cretácica subjacente aos arenitos de Taveiro apresenta caudais de exploração de 20 L/s.

Tabela 1 - Caracterização hidrogeológica da unidade aquífera (C2Ls)

Característica/parâmetro	Unidade aquífera
Geometria/dimensão	Morfologia: faixas aflorantes a S e pontualmente a E e SE Extensão: 8km; largura 400-800 metros Espessura: 12+/-3 metros
Litologia	constituída da base para o topo por areias de grão médio a grosseiro de tonalidades vermelhas; areias de grão fino avermelhadas e areias muito finas carregadas de moscovite
Porosidades – n; ne(%)	5-30; 10-20
Condutividade hidráulica (K(m/d)	1x10 ⁻⁵
Nível hidrostático (profundidade)	n.d.
Gradiente hidráulico	n.d.
Recarga aquífera	Processos: recarga direta Locais: zonas aflorantes
Descarga aquífera	Drenância para camadas calcárias sobrejacentes
Tipo de aquífero (segundo o DL 382/99)	Tipo 3 — sistema aquífero semi-confinado cujo suporte litológico é constituído por formações porosas

Formação de Trouxemil - C²_{Tr} – Também conhecida como Calcários apinhoados de Costa de Arnes, ocorrem estratigraficamente sob os Finos de Lousões (sector Sul), sendo que poderá ser encontrada em contacto direto com a Formação de Taveiro (pontualmente nos sectores SW, W e NW). Apresenta um comportamento hidrogeológico do tipo aquífero poroso a cársico, livre nas zonas onde aflora, onde é ainda considerado zona de recarga, e confinado quando subjacente à Formação de Taveiro. Como já referenciado acima, também neste caso não existem captações circunscritas a esta formação pelo que o valor de produtividade é associado a toda a série cretácica.

Tabela 2 - Caracterização hidrogeológica da unidade aquífera (C2Tr)

Característica/parâmetro	Unidade aquífera
Geometria/dimensão	Morfologia: Estreita faixa aflorante a S e pontualmente a SW, W e NW Extensão: 8km; largura 60-150 metros Espessura: 30+/-10 metros
Litologia	calcários margosos, grés calcários e margas, com textura concrecionada ou apinhoadas.
Porosidades – n; ne(%)	0-20; 3-10
Condutividade hidráulica (K(m/d)	1x10 ⁻⁶
Nível hidrostático (profundidade)	n.d.
Gradiente hidráulico	n.d.
Recarga aquífera	Processos: recarga direta e/ou drenância vertical Locais: zonas aflorantes
Descarga aquífera	Para as camadas dos arenitos de Figueira da Foz
Tipo de aquífero (segundo o DL 382/99)	Tipo 4 — sistema aquífero cujo suporte litológico é constituído por formações carbonatadas

Formação de Figueira da Foz - C¹⁻²_{FF} – Conhecida também como Arenitos do Carrascal (Rocha et al., 1981). Trata-se da base do sistema aquífero sendo que está em contacto direto com o substrato jurássico. Aflora na área de estudo sempre em contato com os Calcários de Trouxemil a Sul e pontualmente a SW, W e NW. Tal como as restantes formações hidrogeológicas produtivas nas áreas dos seus afloramentos são consideradas zonas de recarga direta. Apresenta-se também como aquífero livre poroso nas zonas onde aflora, passando a confinado á medida que se encaminha para o centro da área de estudo. Segundo dados obtidos em sondagens que estão restritas a esta formação podemos dizer que captações com 100-150 metros têm um caudal até 5 l/s

Tabela 3 - Caracterização hidrogeológica relativos à unidade aquífera (C1-2FF)

Característica/parâmetro	Unidade aquífera
Geometria/dimensão	Morfologia: Faixa aflorante a S e pontualmente a SW, W e NW Extensão: 8km; largura 400-800 metros Espessura: ~100 metros
Litologia	Quartzo-arenitos e arcoso-arenitos grosseiros a muito grosseiros, conglomeráticos, com cascalheira e seixo quartzosos
Porosidades – n; ne(%)	5-30; 0 a 15
Condutividade hidráulica (K(m/d))	1x10 ⁻⁵
Nível hidrostático (profundidade)	n.d.
Gradiente hidráulico	n.d.
Recarga aquífera	Processos: recarga direta Locais: zonas aflorantes
Descarga aquífera	Drenância para camadas jurássicas e sentido de descarga para o NW - W do sistema aquífero
Tipo de aquífero (segundo o DL 382/99)	Tipo 3 — sistema aquífero semi-confinado cujo suporte litológico é constituído por formações porosas

Para além das unidades aquíferas integrantes do SaCA, verificou-se durante os trabalhos de campo a ocorrência na zona em estudo de numerosas unidades aquíferas de menor dimensão local.

Apesar de não apresentarem o potencial hídrico em termos qualitativos e quantitativos das unidades aquíferas do SaCA, constituem um papel importante e fundamental papel na agricultura doméstica.

Os aquíferos em referência são do tipo não confinado e evoluem nas formações detríticas sobrejacentes à formação de Taveiro, nomeadamente:

Conglomerados de Taveiro - **Q_{Ta}**, Conglomerados de Salabardos - **Q_{Sa}**, Depósitos de Terraços - **Q¹; Q²; Q³ e Q⁴**, Conglomerados de Espírito Santo - **Q_{ES}**, Areias, Grés e Argilas - **P**, Formação de Antanol - **P_{An}**, Formação do Bom Sucesso - **E_{BS}**

Estas formações são essencialmente do tipo detrítico constituídas por areias, conglomerados e arcoses.

Uma vez assentes sobre a formação de Taveiro, que funciona como base do tipo aquífero, estas pequenas a médias unidades aquíferas são recarregadas a partir da precipitação e infiltração locais. Em muitas destas formações estão implementados poços de pequena dimensão e noutros locais alimentam pequenas nascentes ativas nos meses de verão.

4.2 Modelo Hidrogeológico Conceptual

De acordo com o exposto anteriormente, apresenta-se seguidamente um modelo conceptual para os processos hidrogeológicos na zona estudada (SaCA).

4.2.1 Recarga Aquífera

Existem dois tipos de recarga no Sistema aquífero Condeixa-Alfarelos, direta e indireta, sendo que, A primeira está associada à precipitação que cai diretamente nas zonas aflorantes das Formações de Lousões, Formação de Trouxemil e Formação Figueira da Foz (afloram a S do Sistema aquífero e pontualmente a SW, W, NW e NE figura 30), esta zona aflorante tem uma área de 14 km² (figura 28) e corresponde a somente 7,5% da área total do sistema aquífero. Segundo PGBH, RH4, (2012) a recarga indireta está associada à drenância vertical entre a formação de Taveiro e as formações subjacentes, no entanto, não é tão importante como a recarga direta, uma vez que a drenância vertical é lenta devido a forte componente argilosa da Formação de Taveiro.

Existe ainda a S do sistema aquífero os aluviões de Rio de Mouros que estão em contacto direto com as formações hidrogeológicas produtivas (Arenitos de Figueira da Foz), estando por isso, também contabilizada como uma área de recarga indireta através de drenância vertical, esta terá valores mais elevados em comparação com a Formação de Taveiro, contudo não se sabem valores concretos.

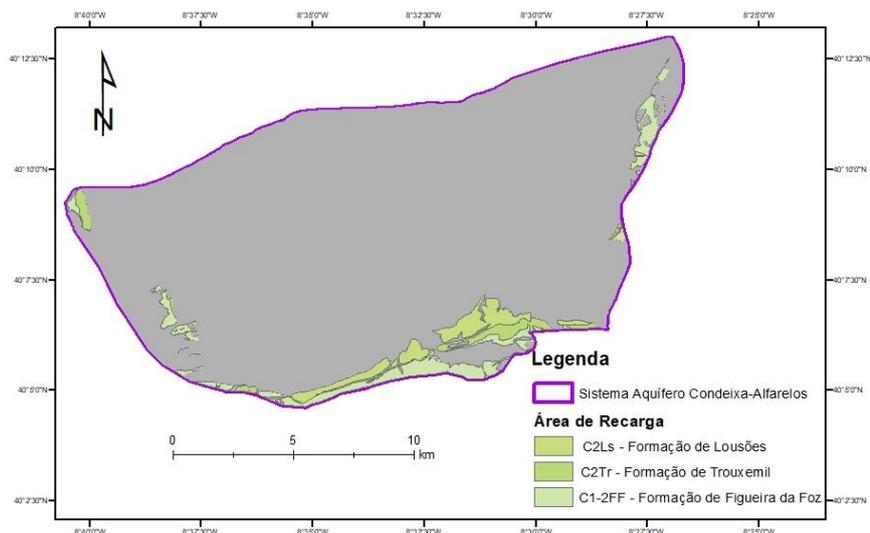


Figura 30 - Áreas aflorantes/rearregantes do sistema Aquífero Condeixa-Alfarelos, (adaptado PGBH, RH4, 2012).

Relativamente às unidades aquíferas freáticas e de dimensão local, a recarga é feita sobretudo a partir da precipitação direta e infiltrações locais nas zonas aflorantes das mesmas.

4.2.2 Descarga Aquífera

Segundo PGBH, RH4, os processos de descarga naturais estão associados a principal estrutura drenante (Rio Mondego) sendo que o fluxo geral subterrâneo tem o sentido predominante S-N, no entanto, a W da área de estudo, este tem direção NW, estando o rio Arunca associado a esse fato. (Figura 31)

Quanto aos processos artificiais, a descarga é executada através de furos de abastecimento, publico, privado (rega, industrial, Humano privado).

A descarga das unidades aquíferos freáticos desenvolve-se na sua quase totalidade através da exploração de poços poucos profundos que as intersejam e/ou por escoamento sub-superficial que pode resultar no aparecimento de nascentes nos seus limites ou na recarga de cursos de água.

Contudo referir também que existe sempre alguma drenância vertical, muito embora sendo o substrato subjacente argiloso (C^2_{Ta}), esta acaba por não ter grande expressividade.

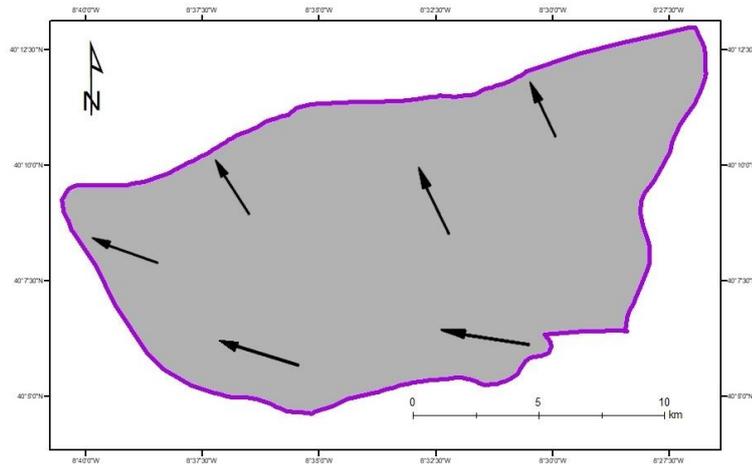


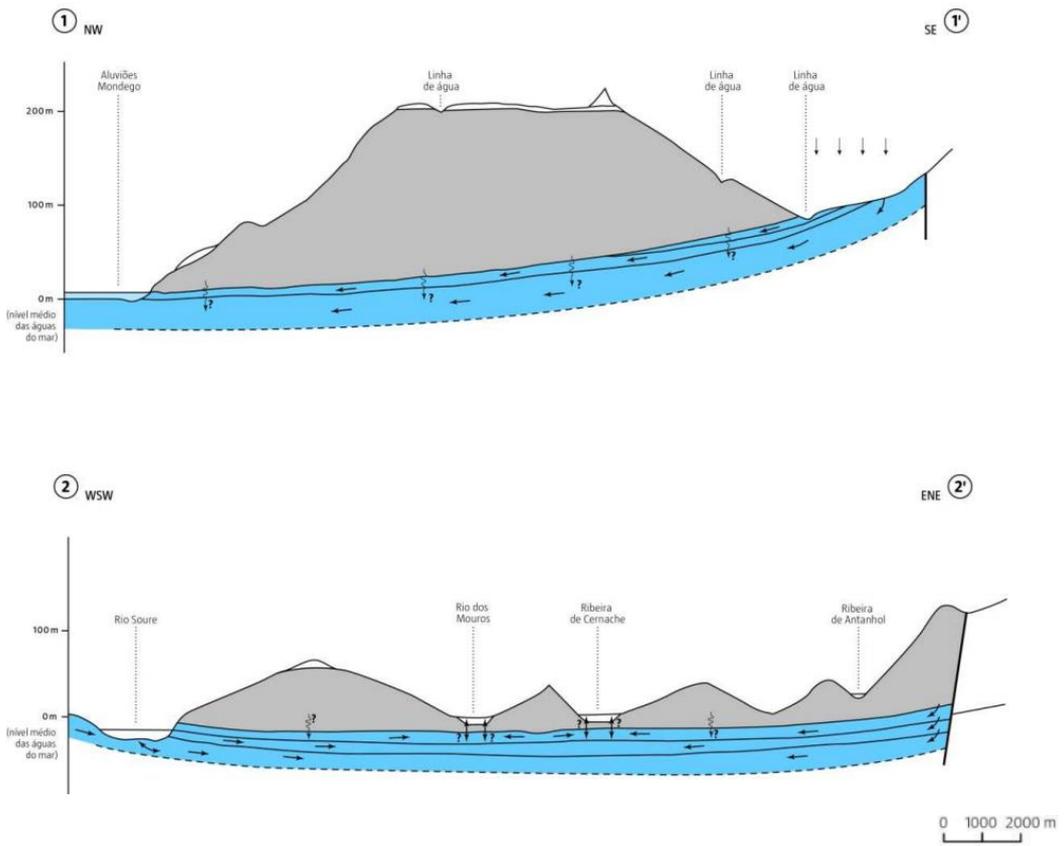
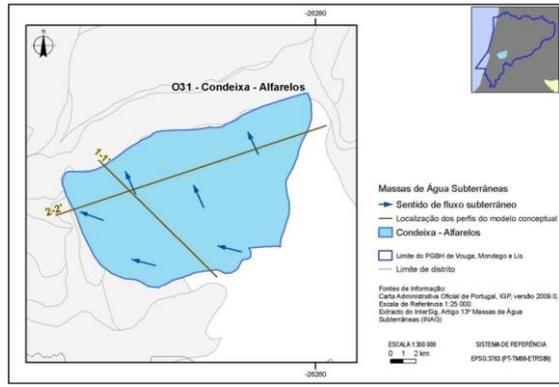
Figura 31 - Escoamento Subterrâneo do Sistema Aquífero Condeixa-Alfarelos, (adaptado PGBH, RH4, 2012)

4.2.3 Hidrodinâmica subterrânea

Relativamente à circulação subterrânea da água no domínio do SaCA, verifica-se segundo PBGH da RH4 (2012) que, a região é caracterizada pelas direções das principais linhas de água, sendo o rio Mondego a principal linha de água e convergindo na sua direção várias linhas de água presentes na área em estudo, a circulação em geral vai ser S-N em direção a margem esquerda (cortes conceptuais PGBH, RH4 (2012) figura 32).

No entanto é perceptível (figura 32) que no sector W o fluxo subterrâneo tende a fluir em direção à margem esquerda do rio Arunca.

Relativamente à circulação subterrânea da água nas unidades aquíferas freáticas, é expectável que ela seja do tipo radial e se direcione para os limites dos depósitos, alimentando pequenas exurgências do tipo difuso. É admissível que, pontualmente, a descarga de fundo possa alimentar por drenância unidades aquíferas do SaCA.



LEGENDA

↓ Recarga directa	— Aquitardo	— Limite geológico
↘ Sentido de fluxo	— Massa de água subterrânea – Condeixa - Alfarelos	- - - Limite geológico provável
⌋ Drenância		— Falha

Figura 32 - Modelo conceptual da massa de água Sistema aquífero Condeixa-Alfarelos-SaCA (segundo PGBH, RH4 (2012))

4.3 Modelação hidrogeológica sectorial

O desenvolvimento dos modelos hidrogeológicos conceptuais que a seguir se apresentam, baseou-se nos elementos apresentados anteriormente, mas sobretudo na incorporação de elementos constantes nos relatórios de sondagens mecânicas e implantação de furos na zona em estudo dados gentilmente disponibilizados pela ARH-Centro da APA),

Como explicado no capítulo 1, no final, foram utilizados elementos de 51 furos, que serão aqui referenciados de **id1** a **id114**.

NA tabela 1 (ANEXO I), apresentam-se as principais características das sondagens e dos furos e na figura 33 apresenta-se a distribuição espacial dos pontos analisados na SaCA.

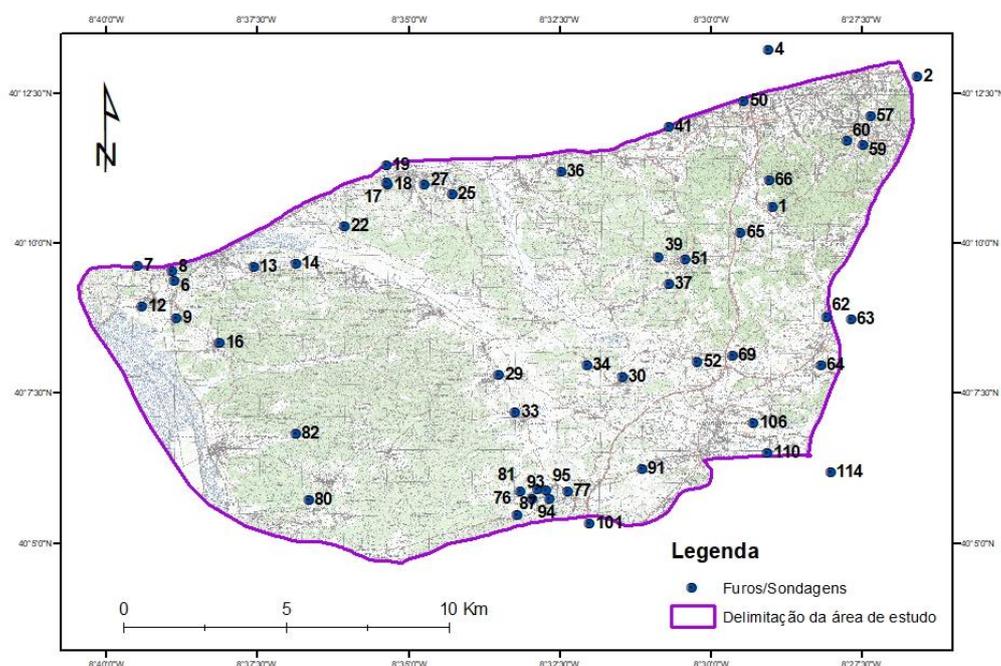


Figura 33 - Localização dos 44 furos selecionados sobre as folhas nº 230-Coimbra, 240-Montemor -o-Velho, 241-Coimbra-Sul, 250-Soure 251-Condeixa-a-Nova da Carta Militar de Portugal

A informação constante nos relatórios e particularmente a dos logs litológicos dos furos (tabela 1 - ANEXO I), foi reinterpretada e uniformizada (refira-se que a nomenclatura original varia de acordo com a empresa de sondagens).

No sentido de facilitar a modelação hidrogeológica conceptual, procedeu-se à divisão do SaCA - Sistema aquífero Condeixa-Alfarelos - em cinco domínios de natureza

hidrogeológica diferenciada (exemplo de interpretação – figura 35 - ANEXO I), sendo estes:

- Unidades aquíferas freáticas não-confinadas - **AQF1** - engloba todas as litologias/formações geológicas sobre adjacentes à **Formação de Taveiro (C²_{Ta})**;
- Aquitardo (AQT2), engloba a **Formação de Taveiro - C²_{Ta}**;
- Aquífero (AQF3), engloba formação de **Formação de Rebolia – Alencarce - C²_{RA}** e **Finos de Lousões - C²_{LS}**;
- Aquífero (AQF4), engloba a **Formação de Trouxemil - C²_{Tr}**;
- Aquífero (AQF5), engloba a **Formação de Figueira da Foz - C¹⁻²_{FF}**

Com base na informação expressa nos capítulos 2, 3 e 4, criam-se perfis modelos hidrogeológicos sectoriais para o domínio estudado, com vista a perceber melhor a disposição e hidrodinâmica das formações/camadas hidrogeológicas mais profundas.

Apesar da clara falta de informação relativa ao domínio AQF1, utilizou-se o programa RockWorks 16, para o traçado das secções geológicas e hidrogeológicas.

A modelação obtida para os níveis mais profundos está de encontro com o expectável. No entanto, no sentido de melhorar a representação global final acrescentou-se aos perfis gerados em RockWorks 16, elementos da informação bibliográfica. Assim construíram-se dois perfis AB e CD representativos da geologia e hidrogeologia (unidades aquíferas e hidrodinâmica subterrânea) na zona estudada. (Figura 34).

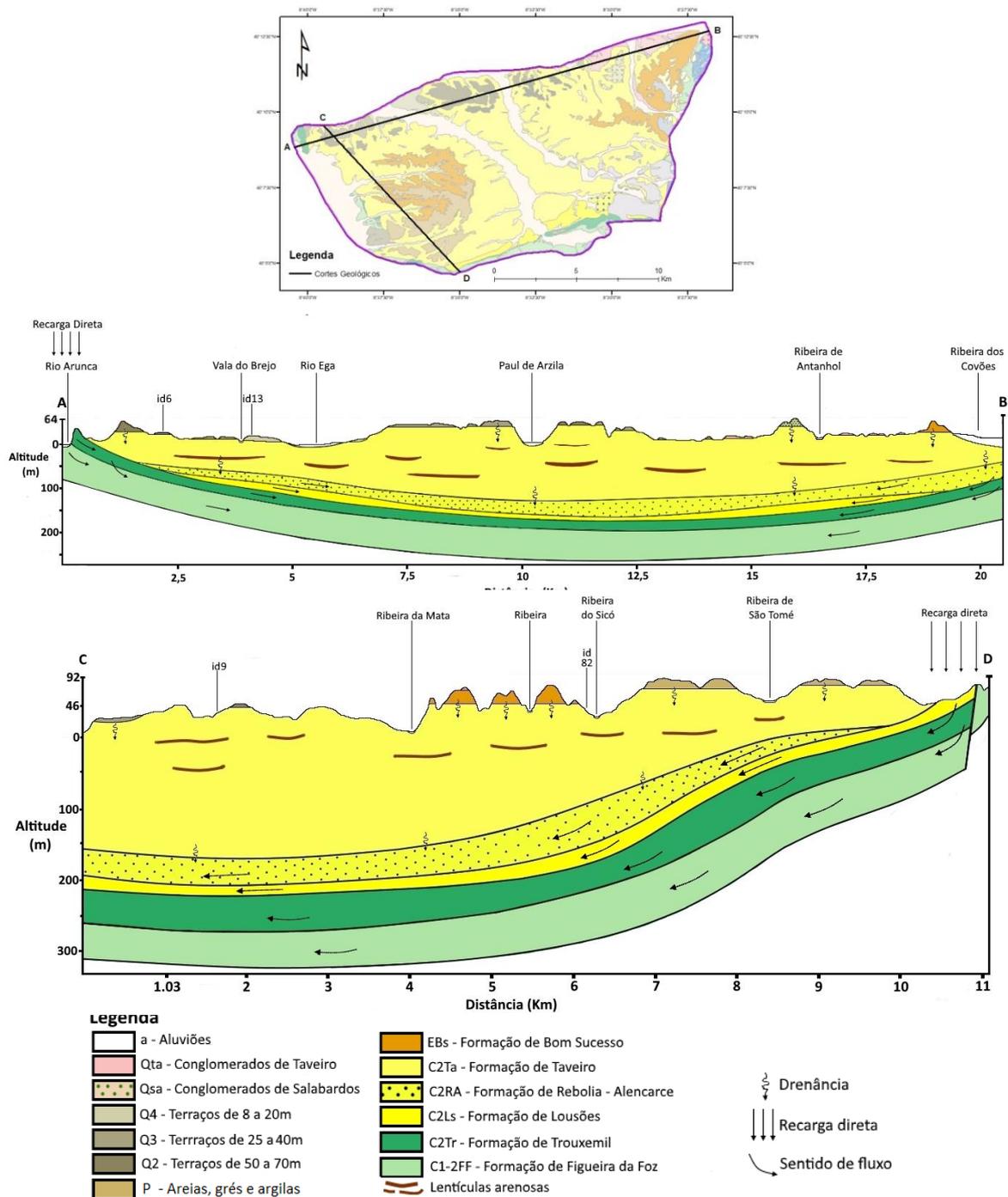


Figura 34 - Modelo conceptual criado com base em perfis gerados e os dados das sondagens (furos) reinterpretados

Corte A-B: Alfarelos-São Martinho do Bispo

A localização deste corte foi escolhida devido ao alinhamento de sondagens existente (boa qualidade da informação, mas também há profundidade atingida) e pelo facto de assim se poder confirmar se os cortes iam de encontro aos presentes no Planos de Gestão de Bacias Hidrográficas da Região 4, 2012.

Através da colocação dos furos **id13** e **id22** podemos determinar com alguma certeza que a Formação Rebolia-Alencarce - **C²_{Ra}** é uma camada com uma espessura aproximada 55 ± 10 , sendo que poderá fazer parte do sistema hidrogeológico produtivo em estudo, estando sempre adjacente à Formação de Lousões - **C²_{LS}**, contudo, furos no centro e NE da bacia indicam que esta camada poderá atingir uma espessura máxima próxima de 100 metros (**id66** e **id39**).

É patente através de todos os logs consultados próximos no alinhamento do corte, na Formação de Taveiro - **C²_{Ta}**, a existência de lenticulas arenosas que, muito embora, estejam confinadas a pacotes de camadas argilosas com grandes espessuras podem ter alguma capacidade produtiva (sempre inferior a 1 e/ou 2 L/s (PGBH RH4, 2012)).

As camadas da Formação de Trouxemil - **C_{Tr}**, no seu setor a ocidente têm um pendor 10°E, no entanto com os dados dos logs (**id17** e **id18** e **id66**) e com auxílio do corte geológico A-B-C, da carta geológica 19-A, Cantanhede, esse pendor tem tendência a diminuir com o aproximar do centro da bacia, uma vez que a Norte dos Aluviões do Mondego existem furos onde intersectam - **C_{Tr}** a uma profundidade entre os 50 e os 70 metros e que no centro do sistema aquífero Condeixa-Alfarelos esta encontra-se a uma profundidade máxima de ≈ 250 m.

Referir ainda que existe alguma drenância vertical dos níveis englobados em **AQF1**, assim como a possibilidade de drenância entre a Formação - **C²_{Ta}** e os níveis produtivos subjacentes.

C-D: Alfarelos – Espírito Santo

No corte geológico podemos observar, a grande profundidade, as unidades produtivas se encontram, atingindo o furo **id9** o teto da Formação Rebolia-Alencarce - **C²_{Ra}**, somente a partir dos 150 metros, é espectável por isso esta seja uma zona onde a Formação de Taveiro atinge a espessura máxima de 200m

Referir uma vez mais as lenticulas arenosas inseridas na formação de Taveiro (**C²_{Ta}**) sendo neste caso perceptível a existência provavelmente, com base na análise dos logs

que intersectavam o alinhamento deste corte, um nível aos 50 metros e outro entre os 70 e os 80 m. Os furos poucos profundos (máximo 100) é que fazem proveito destes níveis aquíferos confinados. (**id16**)

Embora não marcada, existe a probabilidade de haver uma falha normal entre os 7-8 km, resultante do diapirismo de Soure, uma vez que existe um desnível abrupto das unidades produtivas no geral.

Capítulo 5 – Conclusões e recomendações

Com a presente dissertação pretendeu-se aumentar o conhecimento sobre a hidrogeologia e os recursos hídricos subterrâneos da zona ocupada pelo Sistema aquífero Condeixa-Alfarelos-O31 através da realização dos modelos hidrogeológicos conceptuais e setoriais.

O Sistema aquífero em referência encontra-se inserido num sinclinal amplo e preenchido por litologias sedimentares de idades cretácicas até idades quaternárias.

Para além das três unidades hidrogeológicas produtivas anteriormente definidas para este Sistema aquífero (Almeida et al, 2000), nomeadamente Formação Finos de Lousões - C^2_{LS} , Formação de Trouxemil - C^2_{Tr} e Formação de Figueira da Foz - C^{1-2}_{FF} o presente estudo aponta para a ocorrência de uma quarta unidade implantada na Formação Rebolia- Alencarce - C^2_{Ra} , sobrejacente à Formação Finos de Lousões - C^2_{LS} . Esta eventual unidade produtiva tem uma litologia diferente da formação subjacente e o seu potencial aquífero é corroborado pela sistemática colocação de tubo-ralo nos furos que a atravessam e naquele nível.

Através da análise dos *logs* litológicos dos furos situados nos domínios centrais do Sistema aquífero, cujas profundidades totais não ultrapassam os 100 a 150 metros, identificaram-se lenticulas arenosas, inseridas na Formação de Taveiro - C^2_{Ta} , de espessuras muito variadas (entre 5 m e 20 m), que comportando-se como massas confinadas devido às frações argilosas adjacentes onde a drenância é muito baixa, criam pequenos aquíferos que, quando intersectadas, são alvo de exploração. Contudo, os caudais obtidos são sempre inferiores a 1 a 2 L/s.

Para além dos aquíferos acima descritos, ocorrem na zona em estudo um numero considerável de unidades aquíferas freáticas implantadas nos depósitos detríticos do Cenozóico. Apresentam dimensões muito variadas. A descarga aquífera alimenta pequenas nascentes, nomeadamente a NW onde estão intimamente ligadas aos Terraços Q2 e Q3 do Quaternário. Estas nascentes muitas vezes perenes tem um caudal muito reduzido. Quer a água destas nascentes, quer a água dos poços implantados nestas unidades freáticas são impróprias pra consumo humano (confirmado nos parâmetros físico-químicos medidos *in situ*); o seu uso fica restringido a um número muito pequeno de utilidades (tanques comunitários e rega eventualmente).

5.1 Recomendações

Com base nos dados obtidos e nas conclusões expressas nesta dissertação recomenda-se os seguintes procedimentos no sentido do melhor conhecimento e da boa gestão das massas de água subterrâneas do domínio estudado:

- o refinamento dos conhecimentos locais ao nível hidrológico, geológico e hidrogeológico;
- o desenvolvimento de campanhas de prospeção com abertura de furos no centro do SaCA com profundidades até os 350 m, sendo que iria promover o conhecimento não só geológico como também hidrodinâmico dos níveis aquíferos mais profundos;
- a criação de um modelo tridimensional do aquífero a partir de uma base de dados mais completa com toda a informação dos *logs* litológicos;
- o mapeamento e compilação da informação de todos furos numa única base de dados digital;
- o desenvolvimento de campanhas de reconhecimento geológico e levantamento estrutural e tectónico mais localizadas e detalhadas com vista a melhor compreender a possibilidade de existência de estruturas tectónicas relevantes e de escala local;
- o desenvolvimento de campanhas de prospeção geofísica que possam atingir a Formação Rebolia-Alencarce com vista a perceber os seus limites físicos, o seu comportamento e funcionamento enquanto possível unidade aquífera;
- a instalação de mais 2 piezómetros no Sistema aquífero estudado – SaCA - para compreender melhor a sua hidrodinâmica.

Capítulo 6 – Bibliografia

- Almeida, C., Mendonça, J. J. L., Jesus, M. R., Gomes, A. J., (2000) *Sistemas aquíferos de Portugal Continental - Sistema Aquífero Condeixa-Alfarelos (O31)*. Instituto da Água pp. 400 - 408 Acedido dia 20 de outubro, em: <http://snirh.apambiente.pt>
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2012) *Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis integradas na Região Hidrográfica 4*. (PGBH4). Relatório Técnico. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/>
- Azevedo, J. M., (2008) *Apontamentos sobre Unidades Aquíferas, Matriz de Classificação*. Departamento de Ciências da Terra [DCT] da Universidade de Coimbra.
- Cabral, J., Ribeiro, A., (1988) *Carta Neotectónica de Portugal Continental*, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Carta Administrativa Oficial Portugal, (2016) Disponível em: <http://www.dgterritorio.pt>
- Carta Militar Do Exército (2001), *Folhas nº 230 – Coimbra*, escala 1:25000; *Folha nº 240 – Montemor-o-Velho*, escala 1:25000; *Folhas nº 241 – Coimbra-Sul*, escala 1:25000; *Folhas nº 250 – Soure*, escala 1:25000; *Folhas nº 251 – Condeixa-a-Nova*, escala 1:25000; Instituto Geográfico do Exército, Lisboa.
- Direção Geral do Território (2016) Acedido dia 20 de novembro de 2016 em: <http://mapas.dgterritorio.pt/viewer/index.html>
- D2.8.II.4 INSPIRE Data Specification on Geology – Technical Guidelines 2013, p 113. Disponível em: http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_on_GE_v3.0rc3.pdf
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). (2016). O Clima. Normais climatológicas. Disponível em: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/>
- Hipólito, J. R., Vaz, A.C., (2011) *Hidrologia e Recursos hídricos*. (Coleção Ensino da Ciência e Tecnologia) Lisboa, Instituto Superior Técnico [IST Press]
- Kullberg J. C., Rocha R. B., Soares A. F., Rey J., Terrinha P., Azerêdo A. C., Nogueira C. R. (2013) *A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica*. Geologia de Portugal, Volume II, Lisboa: Escolar Editora
- Lvovich M.I., (1979) *World water resources and their future*. Washington D. C., American Geophysical Union

- Marques, J. F., Sequeira, A. J. D., Callapez, P., Cunha, P., Duarte, L. V., Gomes, E., Sampaio, J. E., (2005) *Folha 19-D da Carta Geológica de Portugal, à escala 1/50000*. Serviços Geológicos de Lisboa, Portugal
- Marques, J. F., Sequeira, A. J. D., Callapez, P., Cunha, P., Duarte, L. V., Gomes, E., Kullberg, J. C., Monteiro, A. J. N., Pereira, E. S., Pereira, L. C. G., Rocha, R., Sampaio, J. E., (2005) *Notícia explicativa da Folha 19-D: Coimbra-Lousã*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, pp. 51-105.
- Moreno, A. R. (2016, Dezembro). *Desarrollo de la cartografía geológica en España*. Apresentação nas VI Jornadas APG “A Geologia como fator de competitividade e desenvolvimento económico”, Coimbra
- Plano Geral de Bacias Hidrográficas (Vouga, Mondego e Lis – Região Hidrográfica 4), [PGBH4], (2012) – *Mapa tipo de solo*, Acedido dia 20 de Abril de 2016 em <http://www.apambiente.pt/>
- Plano Geral de Bacias Hidrográficas (Vouga, Mondego e Lis – Região Hidrográfica 4), [PGBH4], (2012) – *Mapa ocupação de solo*, Acedido dia 20 de Abril de 2016 em <http://www.apambiente.pt/>
- Rocha, R. B., Manuppella, G., Mouterde, R., Ruget, C., Zbyszewski, G., Ferreira, O. V., Soares, A. F., Pais, J. C., (1981) - *Notícia explicativa da Folha 19-C: Figueira da Foz*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, pp. 32-42.

Anexos I

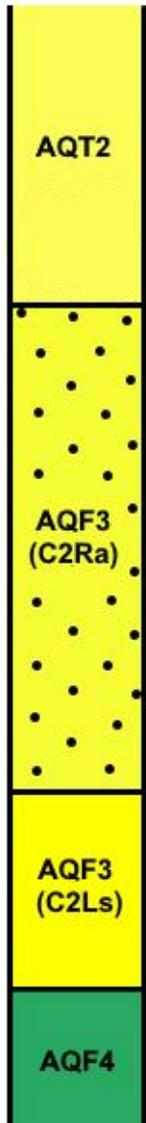
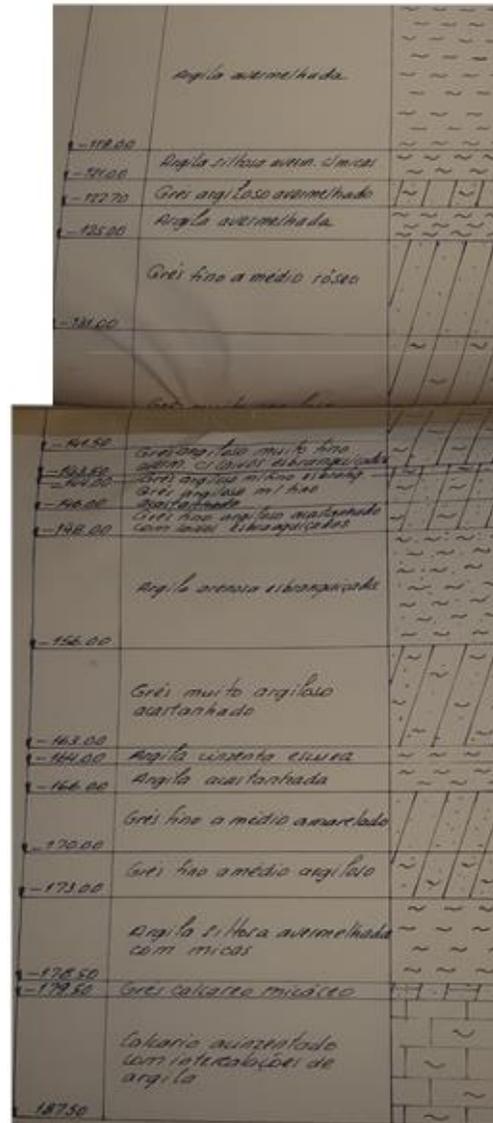
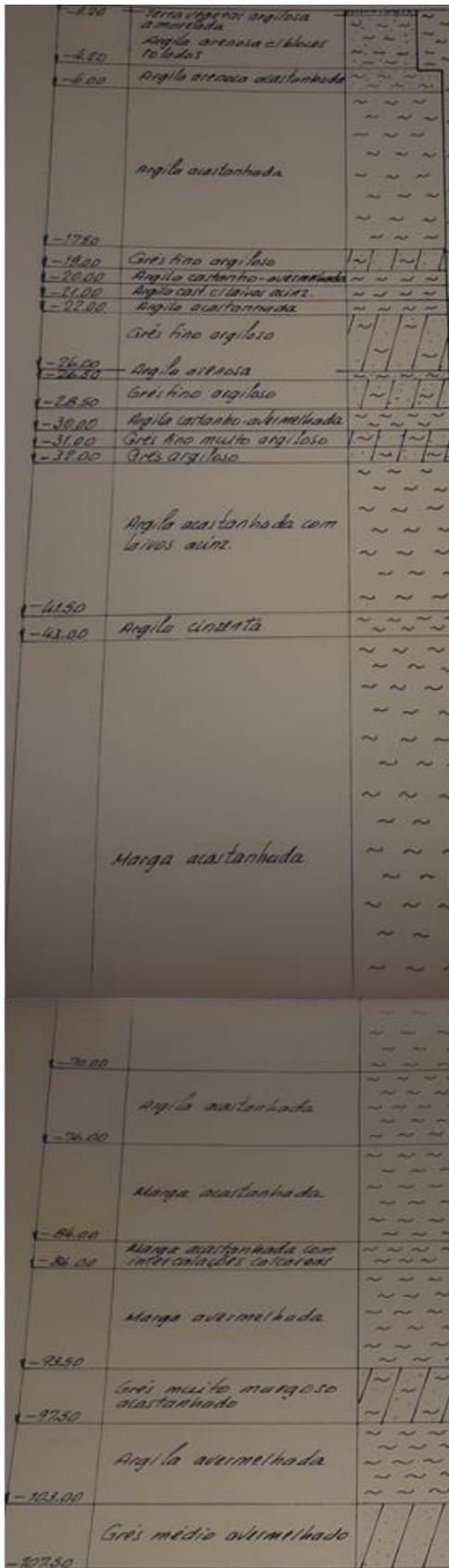
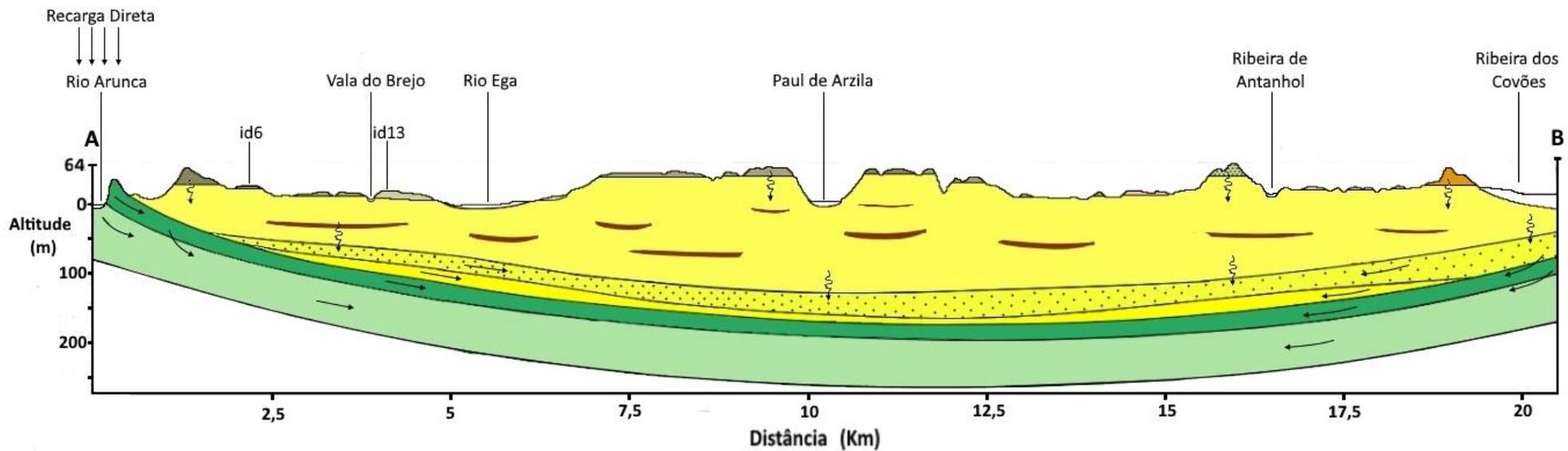


Figura 35 - Exemplo de log reinterpretado (id18)

Tabela 4 - Dados reinterpretados relativos às sondagens fornecidas

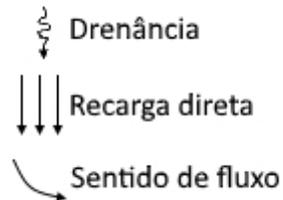
ID	X WGS 84	Y WGS84	Z WGS 84	colar	Profundidade	espessura recente (Ebs Pan, depositos)	170+-10 argilas taveiro	55+-5 Rebolia-Alencarce	10a20m finos lousoes	calcários apinhoados (trouxemil)	carrascal (F.figueira da foz)	tubos ralo
1	544043	4447539	69	0	111	0-111	111-112					27-33;67-73;103-109
6	529997	4445164	22	0	128	0-41	41-84	84-84	84-84	84-96	96-126	30-42;84-96;120-126
8	529958	4445472	10	0	200	0-6	6,00-96	96-155	155-170	170-200	200-210	sem informação
9	530065	4444027	35	0,5	366	0-0	0-203	203-239	239-250	250-315	315-366	
12	529254	4444367	40	0	95	0-4	4,00-60	60-95				60-72; 84-92
13	531876	4445611	20	0	91	0-18	18-68	68-91				68-72; 84-87
14	532865	4445731	20	0	120	0-8	8-90,00	90-110	110-120			60-70; 100-112
16	531089	4443274	45	0	99	0-0	0-79	79-83				79-83
17	534989	4448251	17	0,3	264	0-30	30-120	120-160	160-177	177-201	201-264	166-168; 170-174; 182-186;
18	535018	4448184	18	0,5	187,5	0-32	32-93	93-166	166-179	179-187,50		126-130; 141,50-143,50;
22	534008	4446888	20	0,3	183,5	0-19,50	19,50-130	130-167,50	167,50-183,50			150-153; 168-170; 172-176;
25	536525	4447867	52	0	118	0-8	8,00-110					50-60; 100-115
27	535880	4448189	20	0	80	0-7	7-80,00					48-52; 76-80;
29	537656	4442309	20	0	110	0-42	42-110					66-72; 82-98;
30	540556	4442247	50	0	252	0-0	0-99	99-147	147-147	147-180	180-242	118-123; 183-194; 227-242;
33	538038	4441153	28	0	178	0-0	0-168	168-174				87-92; 68-174;
34	539723	4442619	19	0	70	0-0	0-55	55-70				12-17; 55-67;
36	539075	4448590	30	0	60	0-26	26-47		47-52	52-60		45-55
37	541626	4445129	79	0	110	0-0	0-72	72-100	100-110			74-76; 90-98;
39	541390	4445944	105	0	350	0-0	0-174	174-262	262-297	297-322	322-338	258-262; 294-297; 322-338;

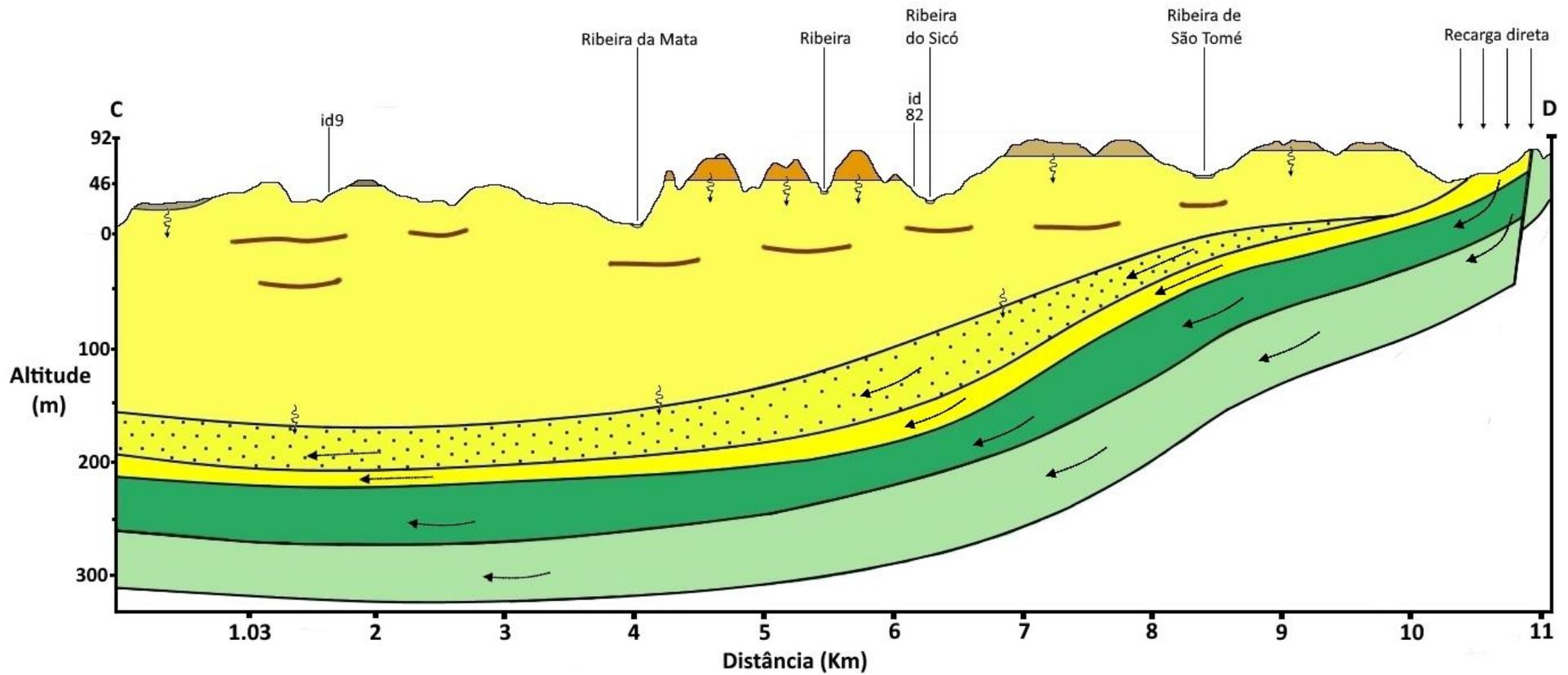
41	541601	4449980	15	0,3	27,5	0-23,55	23,55-27,30					17-23;
50	543364	4450782	17	0,3	94	0-17	17-94					9,00-12,00
51	542010	4445880	90	0,3	100	0-36	36-100					84-86; 87-91;
52	542312	4442714	39	0	118	0-0	0-60	60-100	100-118			28-118
57	546345	4450361	50	0	85	0-0	0-0	0-0	0-85			37-43;49-55;61-67;73-79
62	545336	4444123	95	0,4	147	0-0	0-0	0-43	46-63	63-147		41-44,17; 46-54,1;55-
64	545220	4442653	110	0	70	0-22	22-22	22-22	22-22	22-70		42-48; 58-64;
65	543311	4446714	98	0	100	0-30	30-72					sem informação
66	543965	4448338	68	0,3	330	0-8	8-190	190-290	290-327	327-330		216-218; 225-227; 230-
69	543138	4442932	60	0	47	0-0	0-22	22-40	40-47			22-34; 42-45;
76	538097	4438135	40	0	150	0-0	0-0		0-0	0-0	0-94	42-94; 142-143;
77	539281	4438716	35	0	135	0-0	0-0	0-0	0-0	2,00-16	16-97	61-97; 119-121;
80	533194	4438430	40	0	255	0-0	0-68	68-89	89-100	100-139	139-240	85-88; 90-92; 94-98; 134-
81	538181	4438725	29	0	64	0-2	2,00-2,00		2,00-29	29-62	62-64	27-29; 57-62;
82	532879	4440461	31	0,5	252	0-58	58-130	130-192	205-215	215-252		128-134; 162-164; 186-192;
87	538580	4438789	30	0	64	0-0	0-0	0-0	1,00-39	39-64		35-39; 51-58;
91	541024	4439413	51	0	120	0-0	0-0		0-0	0-18	18-120	26-33; 47-78; 94-108; 113-
93	538863	4438492	42	0	120	0-0-	0-0	0-0	0-0	0-0	0-120	20-33; 36-42; 45-64; 66-120;
94	538453	4438488	40	0	120	0-0	0-0	0-0	0-15	15-50	50-115	60-72; 95-115;
95	538791	4438761	30	0	170	0-0	0-0	0-0	0-26	26-56	56-170	95-112; 140-156
106	543639	4440838	100	0	114	0-24	24-24	24-36	36-60	60-76	76-114	57-63; 87-93; 96-108;
110	543977	4439942	115	0	120	0-6	6,00-6,00	6,00-6,00	6,00-14	14-115	115-116	32-115



Legenda

	a - Aluviões		EBs - Formação de Bom Sucesso
	Qta - Conglomerados de Taveiro		C2Ta - Formação de Taveiro
	Qsa - Conglomerados de Salabardos		C2RA - Formação de Rebolia - Alencarce
	Q4 - Terraços de 8 a 20m		C2Ls - Formação de Lousões
	Q3 - Terraços de 25 a 40m		C2Tr - Formação de Trouxemil
	Q2 - Terraços de 50 a 70m		C1-2FF - Formação de Figueira da Foz
			Lenticulas arenosas





Legenda

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| a - Aluviões | C2Ta - Formação de Taveiro |
| Q3 - Terraços de 25 a 40m | C2Ra - Formação Rebolia - Alencarce |
| Q2 - Terraços de 50 a 70m | C2Ls - Formação de Lousões |
| P- Areias, grés e argilas | C2Tr - Formação de Trouxemil |
| EBs - Formação de Bom Sucesso | C1-2FF - Formação de Figueira da Foz |
| | Lenticulas arenosas |

- Drenância
- Recarga direta
- Sentido de fluxo