



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE  
Núcleo de Águas Subterrâneas

Proc. 0607/1/17628

## **PLANO DE GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TEJO**

**Medidas para alcançar e manter o estado bom  
do sistema aquífero de Escusa**

ARH Tejo

Lisboa • junho de 2012

**I&D** HIDRÁULICA E AMBIENTE

**RELATÓRIO 291/2012 – DHA/NAS**



**PLANO DE GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TEJO**  
Medidas para Alcançar e Manter o Estado Bom do Sistema Aquífero de Escusa

**Resumo**

Este trabalho, realizado no âmbito do Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do Tejo, apresenta as medidas propostas para a manutenção do estado Bom do sistema aquífero de Escusa, assim como a caracterização geral de base que informou de toda a análise necessária à definição destas medidas. Esta análise para a definição destas medidas é também apresentada neste trabalho.

**WATERSHED MANAGEMENT PLAN OF TAGUS BASIN**  
Measures for Attaining and Maintain the Status Good in the Aquifer System of  
Escusa

**Abstract**

This work now presented was developed under the framework of the Watershed Management Plan of Tejo Basin, and presents the measures proposed to perform the conservancy of status Good of the aquifer system of Escusa. The general characterisation of the aquifer system, which was the ground for the analysis performed to pinpoint such intervention measures, is also presented, as well as the analysis itself.

**PLAN DE GESTION DE BASSIN DU TEJO**  
Mesures pour Obtenir et Conserver la Classification Bon du Système Aquífère  
d'Escusa

**Sommaire**

Le travail ici présenté a été développé dans le cadre du Plan de Gestion de Bassin du Tejo, et présente les mesures proposés pour maintenir classification Bon du système aquífère de Escusa, qui doit être attendre jusque à 2027. La caractérisation générale du système aquífère qui fut la base pour l'analyse qui a défini les mesures à prendre, aussi que l'analyse elle-même, sont aussi ici présentées.



Projecto Financiado



# PLANO DE GESTÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TEJO

## Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos

### Conteúdos para Consulta Pública do PGRH

MEDIDAS PARA ALCANÇAR E MANTER O ESTADO BOM DO SISTEMA

AQUÍFERO DE ESCUSA

29 . JUNHO . 2012



# PLANO DE GESTÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TEJO

## Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos

### Conteúdos para Consulta Pública do PGRH

#### MEDIDAS PARA ALCANÇAR E MANTER O ESTADO BOM DO SISTEMA AQUÍFERO DE ESCUSA

##### Ficha Técnica

| Nome                     | Formação   | Área Temática   |
|--------------------------|--|---|
| João Paulo Lobo Ferreira | Eng.º Civil; Doutorado em Engenharia Civil             | Coordenação geral e LNEC; águas subterrâneas  |
| Isabel Vaz Pinto         | Eng.ª Agrónoma   | Coordenação Hidroprojecto; Necessidades de água; Pressões difusas   |
| José Paulo Monteiro      | Geólogo; Doutorado em Hidrogeologia                    | Coordenação ICCE; águas subterrâneas e ecossistemas   |
| Manuel M. Oliveira       | Geólogo; Doutorado em Hidrogeologia                    | Caracterização quantitativa de águas subterrâneas; caracterização global e avaliação do estado; modelo de dados geográficos |
| Teresa E. Leitão         | Geóloga; Doutorada em Hidrogeologia                    | Caracterização qualitativa de águas subterrâneas; caracterização global e avaliação do estado                               |
| Luís Nunes               | Eng.º do Ambiente; Doutorado em Ciências de Engenharia | Análise de tendências; redes de monitorização   |
| Maria Emília Novo        | Geóloga; Doutorada em Hidrogeologia                    | Caracterização geológica e hidrogeológica   |
| Núria Salvador           | Eng.ª do Ambiente e Mestre em Gestão de Solos          | Ecossistemas  |
| José Fernandes Nunes     | Hidrogeólogo e Geólogo de Engenharia                   | Enquadramento e aspectos gerais; monitorização; pressões antropogénicas qualitativas  |
| Sónia Pombo              | Eng.ª Química Sanitarista                              | Necessidades de água  |
| M.ª Francisca Silva      | Eng.ª Química Sanitarista                              | Pressões antropogénicas qualitativas  |

| <b>Nome</b>          | <b>Formação</b>  | <b>Área Temática</b>  |
|----------------------|--|---|
| Andrea Igreja        | Eng. <sup>a</sup> em Tecnologias da Informação                   | Pressões antropogénicas quantitativas; tratamento de dados    |
| Maria José Henriques | Geóloga  | Levantamento e tratamento de colunas litológicas de captações |
| David Silva          | Eng. <sup>o</sup> de Recursos Hídricos                           | Tratamento de informação estatística                          |
| Luís Oliveira        | Eng. <sup>o</sup> do Ambiente e Mestre em Engenharia do Ambiente | Mapeamento 3-D de colunas litológicas de captações            |
| Tiago Martins        | Geólogo  | Avaliação da recarga de aquíferos                             |
| João Martins         | Eng. <sup>o</sup> de Ambiente                                    | Pressões antropogénicas                                       |
| André Braceiro       | Eng. <sup>o</sup> de Ambiente                                    | Pressões antropogénicas                                       |
| Rodrigo S. Henriques | Eng. <sup>o</sup> de Ambiente                                    | Pressões antropogénicas                                       |
| Ricardo Martins      | Eng. <sup>o</sup> do Ambiente                                    | Tratamento de informação Geográfica                           |

# PLANO DE GESTÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TEJO

## Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos

### Conteúdos para Consulta Pública do PGRH

#### MEDIDAS PARA ALCANÇAR E MANTER O ESTADO BOM DO SISTEMA AQUÍFERO DE ESCUSA

#### ÍNDICE GERAL

---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PARTE 1.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>CARATERIZAÇÃO DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE ESCUSA 1</b>   |           |
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....</b>  | <b>5</b>  |
| 2.1 Caraterização geológica e tetónica .....  | 5         |
| 2.2 Hidrogeologia.....  | 7         |
| 2.2.1 Massas de águas subterrâneas .....  | 7         |
| 2.2.2 Área de drenagem das massas de águas subterrâneas.....  | 9         |
| 2.2.3 Modelo conceptual de funcionamento hidráulico.....  | 10        |
| 2.3 Avaliação das disponibilidades.....   | 17        |
| 2.3.1 Introdução.....   | 17        |
| 2.3.2 Evolução dos níveis piezométricos .....   | 17        |
| 2.3.3 Evolução espaço-temporal da recarga .....   | 19        |
| 2.3.4 Massas de água associadas a ecossistemas aquáticos de superfície<br>ou ecossistemas terrestres que delas dependem diretamente ..... | 20        |
| 2.3.5 Identificação das zonas potenciais de recarga de aquíferos .....  | 22        |
| 2.3.6 Massas de água em risco .....   | 23        |
| <b>3. USOS, NECESSIDADES E PRESSÕES SOBRE A MASSA DE ÁGUAS<br/>SUBTERRÂNEAS.....</b>  | <b>23</b> |
| 3.1 USOS E NECESSIDADES DE ÁGUA.....  | 23        |
| 3.1.1 Necessidades de água por tipologia de uso (usos consumptivos e não<br>consumptivos).....  | 23        |
| 3.1.1.1 A. Abastecimento público – Sistemas de abastecimento  | 24        |
| 3.1.1.2 B. Agricultura  | 25        |
| 3.1.1.3 C. Pecuária   | 26        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.1.1.4 D. Indústria  | 28        |
| 3.1.2 Avaliação do balanço entre necessidades, disponibilidades e potencialidades               | 28        |
| 3.2 Abastecimento e tratamento de águas residuais   | 29        |
| 3.3 Caracterização e análise de vulnerabilidades  | 29        |
| 3.3.1 Riscos de poluição accidental   | 29        |
| 3.4 Pressões naturais e incidências antropogénicas significativas                               | 32        |
| 3.4.1 Nota introdutória   | 32        |
| 3.4.2 Poluição tóxica (impactes associados a casos significativos, existentes e previstos)      | 33        |
| 3.4.2.1 Componente urbana   | 33        |
| 3.4.2.2 Instalações PCIP  | 33        |
| 3.4.3 Poluição difusa (impactes associados a casos significativos, existentes e previstos)      | 34        |
| 3.4.3.1 Adegas, Laticínios, Matadouros, Aviculturas e Suiniculturas                             | 34        |
| 3.4.3.2 Lagares   | 34        |
| 3.4.3.3 Boviniculturas  | 34        |
| 3.4.3.4 Agricultura   | 35        |
| 3.4.3.5 Campos de Golfe   | 35        |
| 3.4.4 Resultados globais  | 36        |
| 3.4.5 Captações de água subterrânea   | 36        |
| 3.4.6 Situações existentes ou previstas que podem comprometer os objetivos ambientais           | 36        |
| 3.5 Zonas protegidas e áreas classificadas  | 37        |
| 3.5.1 Zonas designadas para a captação de água destinada ao consumo humano                      | 37        |
| 3.5.2 Zonas vulneráveis   | 37        |
| 3.5.3 Zonas de máxima infiltração   | 38        |
| <b>4. REDE DE MONITORIZAÇÃO</b>   | <b>38</b> |
| 4.1 Estado quantitativo, avaliação da representatividade, adequabilidade e otimização           | 38        |
| 4.2 Rede de vigilância, avaliação da representatividade, adequabilidade e otimização            | 39        |
| 4.3 Rede de substâncias perigosas, avaliação da representatividade, adequabilidade e otimização | 41        |
| 4.4 Rede de nascentes, avaliação da representatividade, adequabilidade e otimização             | 41        |
| 4.5 Zonas protegidas  | 43        |
| 4.5.1 Zonas designadas para a captação de água destinada ao consumo humano                      | 43        |
| 4.5.2 Zonas Vulneráveis e de Infiltração Máxima   | 43        |
| <b>5. AVALIAÇÃO DO ESTADO DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS</b>                                    | <b>44</b> |
| 5.1 Estado quantitativo   | 44        |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 5.2                                     | Estado químico .....   | 46        |
| 5.3                                     | Tendências crescentes significativas e persistentes na concentração de poluentes ..... | 50        |
| 5.4                                     | Síntese.....   | 50        |
| <b>PARTE 2.....</b>                     |  | <b>55</b> |
| <b>ANÁLISE DAS MEDIDAS</b>              |  | <b>55</b> |
| <b>1. OBJECTIVOS ESTRATÉGICOS .....</b> |  | <b>55</b> |
| 1.1                                     | Considerações gerais.....  | 55        |
| 1.2                                     | Avaliação de estratégias para manter um estado Bom em 2015/2027 .....                  | 56        |
| <b>ANEXOS</b>                           |  | <b>69</b> |

## ÍNDICE DE QUADROS

---

|  |    |
|--|----|
| Quadro 2.1 – Estratigrafia e litologia da massa de águas subterrâneas.....   | 5  |
| Quadro 2.2 – Identificação da massa de águas subterrâneas.....   | 8  |
| Quadro 2.3 – Formações aquíferas dominantes e classificação quanto ao tipo de aquífero e meio de escoamento.....           | 8  |
| Quadro 2.4 – Caracterização da transmissividade da massa de águas subterrâneas ....  | 8  |
| Quadro 2.5 – Caracterização da produtividade da massa de águas subterrâneas .....  | 9  |
| Quadro 2.6 – Síntese da caracterização hidroquímica das massas de água.....  | 9  |
| Quadro 2.7 – Áreas de drenagem das massas de águas subterrâneas do PGRH Tejo .....   | 10 |
| Quadro 2.8 – Resultados anuais médios do balanço hídrico sequencial diário (Escusa) .....                                  | 19 |
| Quadro 2.9 – Recarga da massa de águas subterrâneas de Escusa.....   | 20 |
| Quadro 2.10 – Cursos de água associados à massa de águas subterrâneas.....   | 21 |
| Quadro 3.1 – Evolução das captações por concelho.....  | 24 |
| Quadro 3.2 – Abastecimento público. Necessidades de água satisfeitas por origens subterrâneas.....                         | 24 |
| Quadro 3.3 – Necessidades hídricas totais anuais satisfeitas por origens subterrâneas (hm <sup>3</sup> ).....              | 26 |
| Quadro 3.4 – Necessidades de água para a pecuária por concelho, espécie e sistema de produção (hm <sup>3</sup> /ano) ..... | 27 |
| Quadro 3.5 – Necessidades de água para o setor da Pecuária satisfeitas por origens subterrâneas.....                       | 27 |
| Quadro 3.6 – Distribuição das necessidades anuais de água dos estabelecimentos industriais pelos concelhos .....           | 28 |
| Quadro 3.7 – Necessidades de água para a Indústria satisfeitas por origens subterrâneas.....                               | 28 |
| Quadro 3.8 – Necessidades de água em ano médio para os diferentes setores (hm <sup>3</sup> /ano).....                      | 28 |
| Quadro 3.9 – Balanço hídrico dos recursos subterrâneos para o ano médio .....  | 28 |
| Quadro 3.10 – Número de captações presentes na massa de águas subterrâneas ...   | 29 |
| Quadro 3.11 – Distribuição das fossas sépticas e ETAR compactas com descarga no solo.....                                  | 33 |
| Quadro 3.12 – Distribuição dos Lagares com descarga no solo .....  | 34 |
| Quadro 3.13 – Cargas geradas pelos Lagares com descarga no solo .....  | 34 |
| Quadro 3.14 – Distribuição das boviniculturas com espalhamento de efluentes no solo .....                                  | 34 |
| Quadro 3.15 – Cargas geradas pelas das boviniculturas com espalhamento de efluentes no solo.....                           | 35 |
| Quadro 3.16 – Distribuição das áreas agrícolas de acordo com o CLC'2006.....   | 35 |
| Quadro 3.17 – Poluição difusa: cargas originada pelas culturas agrícolas na massa de águas subterrâneas .....              | 35 |

|  |    |
|--|----|
| Quadro 3.18 – Distribuição dos campos de golfe existentes e previstos de acordo com os dados da F.P.G.....   | 36 |
| Quadro 3.19 – Poluição difusa: cargas de Azoto originadas pelos setores da pecuária, agro-indústria e agricultura .....  | 36 |
| Quadro 3.20 – Poluição tónica e difusa: substâncias prioritárias e outros poluentes associadas às actividades económicas.....  | 36 |
| Quadro 3.21 – Captações de água por finalidade .....   | 36 |
| Quadro 3.22 – Estado químico da massa de águas subterrâneas e fontes de poluição tónica e difusa.....  | 37 |
| Quadro 3.23 – Municípios e actos administrativos que aprovam as respectivas delimitações de REN municipais.....  | 38 |
| Quadro 4.1 – Índice de representatividade para a rede piezométrica .....   | 38 |
| Quadro 4.2 – Número de pontos da rede de piezometria optimizada e índices de representatividade respectivos .....  | 38 |
| Quadro 4.3 – Índice de representatividade para a rede de qualidade .....   | 40 |
| Quadro 4.4 – Número de pontos da rede de vigilância da qualidade optimizada e índices de representatividade .....  | 40 |
| Quadro 5.1 – Definição do estado quantitativo (Decreto-Lei n.º 77/2006, Anexo V, n.º II, ou DQA, Anexo V, n.º 2) .....   | 45 |
| Quadro 5.2 – Resultados do balanço hídrico .....   | 46 |
| Quadro 5.3 – Definição do bom estado químico das águas subterrâneas (Decreto-Lei n.º 77/2006, Anexo V, n.º II, ou DQA, Anexo V, n.º 2).....                                      | 46 |
| Quadro 5.4 – Síntese da informação utilizada para a avaliação do estado químico....  | 48 |
| Quadro 5.5 – Estado Químico da massa de águas subterrâneas e fontes de poluição tónica e difusa com impacte.....   | 49 |
| Quadro 5.6 – Análise de tendências .....   | 50 |
| Quadro 5.7 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da avaliação global do estado químico .....   | 53 |
| Quadro 5.8 - Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da intrusão salina.....   | 53 |
| Quadro 5.9 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da diminuição da qualidade química ou ecológica das massas de águas de superfície associadas..... | 53 |
| Quadro 5.10 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da degradação dos ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas...                  | 53 |
| Quadro 5.11 - Análise dos critérios e dos testes do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste do balanço hídrico subterrâneo.....                                | 53 |
| Quadro 5.12 - Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste do escoamento superficial.....  | 53 |
| Quadro 5.13 - Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste da avaliação dos ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas .....           | 54 |
| Quadro 5.14 - Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste da intrusão salina .....  | 54 |

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1.1 – Calendário com os prazos em que se prevê atingir os objectivos ambientais em 2015 .....   | 55 |
| Quadro 1.2 – Estado de qualidade dos pontos e respetivas pressões e condicionantes na sua envolvente.....  | 57 |
| Quadro 1.3 – Volumes de extração e cargas poluentes em conformidade com as projeções dos cenários de maior pressão, em 2027 .....  | 57 |
| Quadro 1.4 – Condições atuais e eventuais problemas futuros para os cenários de maior pressão, sem medidas de atuação implementadas.....                                     | 57 |
| Quadro 1.5 – Actuais estruturas de saneamento na área da massa de águas subterrâneas de acordo com INSAAR (2009) .....   | 59 |
| Quadro 1.6 – Medidas de redução das cargas agrícolas e pecuárias, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica.....                                       | 62 |
| Quadro 1.7 – Medidas de redução das cargas agro-industriais (lagares), considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica.....                                  | 62 |
| Quadro 1.8 – Medidas de redução das cargas urbanas/domésticas, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica.....  | 62 |
| Quadro 1.9 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, para os consumos urbanos, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica.....                | 63 |
| Quadro 1.10 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, para os consumos de campo(s) de golfe, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica ..... | 63 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.1 – Carta neotetónica.....   | 7  |
| Figura 2.2 – Enquadramento da massa de águas subterrâneas de Escusa.....  | 8  |
| Figura 2.3 – Área de drenagem da massa de águas subterrâneas de Escusa .....  | 10 |
| Figura 2.4 – Corte transversal ilustrativo dos sentidos predominantes de escoamento e áreas de descarga do aquífero cársico de Castelo de Vide. As distâncias dos eixos são dadas em metros. As flechas maiores representam o escoamento subterrâneo. As mais pequenas atravessando os limites do aquífero representam a posição das áreas de descarga..... | 11 |
| Figura 2.5 – Mapa geológico do sistema aquífero de Escusa e área envolvente .....   | 12 |
| Figura 2.6 – Rede de elementos finitos do modelo de escoamento do sistema aquífero de Escusa.....   | 13 |
| Figura 2.7 – Modelo digital de terreno mostrando a morfologia da área circundante do sistema aquífero de Escusa. A rede hidrográfica na área das rochas carbonatadas é praticamente inexistente, com exceção do Rio Sever que constitui a área de descarga principal do sistema.....  | 15 |
| Figura 2.8 – Transferências mensais médias do aquífero para o rio Sever (hidrograma superior) e para as rochas graníticas que contactam com o aquífero na área de Castelo de Vide (hidrograma inferior). Simulação baseada nos volumes de recarga mensais médios dos últimos 40 anos .....  | 17 |
| Figura 2.9 – Distribuição dos pontos da rede de monitorização da massa de águas subterrâneas de Escusa .....  | 18 |
| Figura 2.10 – Níveis piezométricos por piezómetro e tendências obtidas utilizando a totalidade das séries.....  | 18 |
| Figura 2.11 – Recarga da massa de águas subterrâneas de Escusa .....  | 19 |
| Figura 2.12 – Ecossistemas dependentes de águas subterrâneas (EDAS) no sistema aquífero e posição deste e do rio Sever no seio da Rede Nacional das Áreas Protegidas (Parque Natural da Serra de S. Mamede) e Sítio de Importância Comunitária da Serra de S. Mamede.....   | 22 |
| Figura 2.13 – Índice de Facilidade de Infiltração da massa de águas subterrâneas de Escusa.....   | 23 |
| Figura 3.1 – Abastecimento urbano. Necessidades de água satisfeitas por origens subterrâneas, por massa de águas subterrâneas .....   | 25 |
| Figura 3.2 – Consumos de rega anuais totais satisfeitos por massa de águas subterrâneas (hm <sup>3</sup> /ano) .....  | 26 |
| Figura 3.3 – Necessidades de água para a pecuária satisfeitas por origens subterrâneas. Consumos por massa de águas subterrâneas (hm <sup>3</sup> /ano) .....   | 27 |
| Figura 3.4 – Mapa da classificação do território do plano, de acordo com o grau de risco de poluição acidental.....   | 30 |
| Figura 3.5 – Mapa IFI do risco de poluição acidental associado a estradas.....  | 31 |
| Figura 3.6 – Mapa da classificação do risco de poluição acidental associado a estradas .....  | 32 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 3.7 – Situação relativa a perímetros de protecção na área do PGRH Tejo .....  | 37 |
| Figura 4.1 – Rede monitorização de quantidade após optimização da massa de águas subterrâneas de Escusa .....  | 39 |
| Figura 4.2 – Pontos de monitorização da rede de qualidade da massa de águas subterrâneas de Escusa .....   | 40 |
| Figura 4.3 – Rede monitorização de vigilância da qualidade de águas subterrâneas após optimização da massa de águas subterrâneas de Escusa .....                                       | 41 |
| Figura 4.4 – Pontos de monitorização da actual rede de nascentes .....   | 42 |
| Figura 4.5 – Pontos de monitorização da rede de nascentes após optimização .....   | 43 |
| Figura 4.6 – Pontos de monitorização da rede nacional de nitratos .....  | 44 |
| Figura 5.1 – Evolução dos níveis piezométricos na massa de águas subterrâneas de Escusa.....   | 46 |
| Figura 5.2 – Mapa do estado químico da massa de águas subterrâneas de Escusa, de acordo com o esquema definido no Anexo VII, 2.5 do DL n.º 77/2006.....                                | 48 |
| Figura 5.3 – Pressões e estado químico associados à massa de águas subterrâneas de Escusa.....   | 49 |
| Figura 5.4 – Estado químico e tendências significativas e constantes da massa de águas subterrâneas de Escusa (bola preta: tendência crescente; bola azul: inversão de tendência)..... | 51 |
| Figura 5.5 – Estado quantitativo da massa de águas subterrâneas de Escusa.....   | 52 |
| Figura 5.6 – Massas de águas subterrâneas em risco, antes do PBH Tejo .....  | 52 |
| Figura 5.7 – Massas de águas subterrâneas em risco, após do PBH Tejo .....   | 52 |

# CARATERIZAÇÃO DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE ESCUSA

---

## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório insere-se no âmbito dos trabalhos desenvolvidos para o Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do Tejo, realizado para a ARH Tejo e apresenta (1) a caracterização geológica, hidrogeológica e de estado da massa de águas subterrâneas, (2) a análise realizada relativamente à evolução das pressões e consequente carga poluente em função dos cenários sócio-económicos definidos pela DHV (2011) no âmbito deste Plano, e (2) as medidas sugeridas para a recuperação da massa de águas subterrâneas para o estado de qualidade “Bom” até 2027, as quais entram em conta a evolução prospetiva das cargas poluentes em função da evolução dos cenários sócio-económicos referidos.

A definição das medidas para a recuperação da massa de águas subterrâneas fez-se com base na metodologia, desenvolvida no âmbito deste estudo, e que se estrutura da seguinte forma:

1. Análise das condicionantes geológicas e hidrogeológicas, resultados dos modelos de fluxo, distribuição dos pontos em mau estado qualitativo das águas subterrâneas, localização das potenciais fontes de poluição e pressões na envolvência dos pontos em mau estado, assim como na restante área do aquífero. Esta análise identifica assim (1) as atuais condições que originam o mau estado do aquífero, incluindo as de origem natural e as de origem antrópica, (2) zonas geográficas no aquífero de atuação prioritária para a implementação das medidas de recuperação do estado, (3) situações que é necessário corrigir para alcançar o estado Bom.
2. Análise dos cenários de evolução sócio-económica com vista à definição da evolução das pressões (quantidade e qualidade) e projeção das futuras cargas poluentes, com vista ao cálculo das reduções de carga que serão necessárias realizar para recuperar e manter o estado qualitativo e quantitativo “Bom” da massa de águas subterrâneas. Esta análise considera:

- a. O cenário sócio-económico de maior pressão, dado ser o que coloca condições mais desfavoráveis à recuperação do estado “Bom” da massa de águas subterrâneas.
- b. A evolução da população residente e do turismo para e das cargas poluentes associadas. A população residente está associada a consumos e carga poluente que ocorre ao longo de todo o ano e a população turística a um aumento de consumos e de carga poluente nos meses de Verão. Este aumento dos consumos e das cargas de Verão considera o atual aumento sazonal, incrementado do aumento expectável da população turística, admitindo que não existirão alterações significativas tanto nos atuais consumos da população turística como das suas cargas poluentes *per capita*.
- c. A evolução dos consumos e cargas poluentes associadas aos diferentes tipos de unidades pecuárias. A cada unidade pecuária atribui-se a variação prevista média para o tipo respetivo de pecuária em termos de cabeças e conseqüente carga poluente e consumos associados.
- d. A evolução dos consumos e cargas poluentes associadas à agricultura. Neste caso avaliou-se apenas as cargas e consumos associados às áreas de regadio dado considerar-se que serão as principais pressões em termos de consumos e de qualidade, admitindo-se que as culturas de sequeiro e baldios terão cargas poluentes e consumos muito menos significativos, dado o tipo de cultura praticado. Tendo a distribuição das áreas de cultura associadas ao regadio e considerando as projeções de evolução das áreas regadas dadas pelos cenários sócio-económicos, e os consumos e cargas poluentes por cultura (definidos na caracterização das pressões) calcula-se os novos consumos e cargas poluentes que entram na massa de águas subterrâneas a partir destas zonas.
- e. A evolução dos consumos e cargas poluentes associadas à indústria considera que não se verificarão alterações significativas nos mecanismos de produção, que levem à redução dos consumos para o mesmo volume de manufaturas. Assim, atribui-se ao atual volume de consumos um crescimento similar ao projetado para o crescimento da atividade industrial na área da massa de águas subterrâneas. Por

insuficiência de dados não se fez a avaliação da evolução a carga poluente.

- f. A evolução dos consumos e cargas poluentes associadas aos campos de golfe (identificada pela rúbrica de pressões “outros”) considerou o atual consumo de 1 campo de golfe-equivalente e que este se manterá idêntico em 2027, ou seja, não se consideraram eventuais aumentos das necessidades hídricas das plantas, ou alterações aos sistemas de rega que levem a alterações nos volumes consumidos por campo de golfe-equivalente. Assim, os consumos associados aos campos de golfe evoluirão em conformidade com o aumento de campos de golfe-equivalente projetados pelos cenários de evolução sócio-económica. Por insuficiência de dados não se fez a avaliação da evolução a carga poluente.
3. Avaliação da alteração das taxas de exploração, com vista a determinar a modificação do estado quantitativo e definir os eventuais valores de redução dos consumos que será necessário efetuar para se manter o estado quantitativo “Bom” em 2027.
4. Identificação de quais as fontes de poluição que, em função da evolução associada aos cenários sócio-económicos, se tornarão dominantes, e de consequente atuação prioritária, nas áreas que num futuro mais ou menos próximo poderão vir a estar em mau estado, de acordo com as projeções associadas aos cenários sócio-económicos, e a consequente avaliação das percentagens de carga poluente de diferentes origens que contribuem para o estado de qualidade nestas áreas.
5. Identificação, em função da análise anterior, de eventuais novas zonas que poderão passar a apresentar mau estado e, em consequência, deverão ser alvo de medidas de proteção/recuperação.
6. Identificação do tipo de problemas que poderá afetar estas áreas e a generalidade da massa de águas subterrâneas, como seja o aumento dos consumos (se possível definindo zonas onde se poderá prever uma redução acentuada da piezometria e/ou áreas que se tornem mais suscetíveis a processos de intrusão salina ou de circulação ascendente de águas salinas de níveis profundos) ou a maior incidência de certas origens de poluição sobre zonas específicas da massa de águas subterrâneas (ex.: o aumento da

poluição e origem urbana que pode piorar o estado das atuais áreas já em estado “mau”).

7. Cálculo das futuras cargas poluentes projetadas para cada zona da massa de águas subterrâneas, considerando as cargas poluentes atuais + os acréscimos projetados a partir da evolução prevista pelos cenários sócio-económicos.
8. Cálculo das reduções de cargas e/ou consumos que deverão ocorrer em cada área, considerando cargas e consumos atuais + acréscimos futuros, de modo a manter ou recuperar o estado qualitativo (e quantitativo) “Bom”.
9. Elaboração de medidas para evitar a degradação futura de áreas mais sensíveis do aquífero e manter o atual estado Bom em toda a massa de águas subterrâneas.

As fontes de informação utilizadas nesta metodologia são as que abaixo se discriminam:

1. **A caracterização da massa de águas subterrâneas** resulta da informação recolhida e analisada para o documento “Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do Tejo. Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos” (Lobo Ferreira et al., 2011), elaborado pelo LNEC no âmbito da elaboração do referido Plano de Bacia.
2. **A caracterização das pressões** é baseada em:
  - a. Informação analisada pela DHV e incluída no documento “Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do Tejo. Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos” (Lobo Ferreira et al., 2011), apresentada nesse documento no subcapítulo 2.2. Pressões Naturais e Incidências Antropogénicas Significativas e no Anexo 7).
  - b. Análise do impacto das fontes poluentes realizado pelo LNEC e incluído no mesmo documento, a qual é apresentada no subcapítulo 5.1.3. Diagnóstico.
3. **Os cenários sócio-económicos prospetivos** que servem de base ao cálculo da evolução das pressões e em consequência das cargas poluentes e dos volumes de água que serão consumidos, são os definidos pela DHV no Relatório referente ao Lote 4: Parte 4 – Cenários Prospetivos (DHV, 2011).
4. **As fontes relativas às diferentes medidas** sugeridas para recuperar o aquífero para o estado “Bom”, são as três seguintes:

- a. Medidas referenciadas como “medida ARH Tejo” – medidas elencadas no documento “Fichas de Medidas” da ARH Tejo (2011).
- b. Medidas referenciadas como “proposta LNEC” – medidas elencadas no documento “Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do Tejo. Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos” (Lobo Ferreira et al., 2011), elaborado pelo LNEC no âmbito da elaboração do referido Plano de Bacia.
- c. Outras medidas – medidas definidas tendo por base a redução dos consumos e cargas poluentes necessárias (calculadas pela metodologia acima exposta) para a manutenção do atual estado “Bom”.

## 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 2.1 CARATERIZAÇÃO GEOLÓGICA E TETÓNICA

A massa de águas subterrâneas de Escusa está incluída no **Maciço Antigo** ou **Hespérico** (constituído pelas rochas mais antigas, eruptivas e metamórficas, do Precâmbrico e do Paleozoico), situando-se na zona geotetónica de *Ossa Morena*. A massa de águas subterrâneas é dominada por formações devónicas carbonatadas.

O conjunto de formações do sistema aquífero inclui as formações de cobertura (depósitos de vertente, os quais são depósitos de clastos quartzíticos angulosos, de dimensões variadas, mais ou menos englobados por argilas, de acordo com Fernandes *et al.*, 1973 e Perdigão e Fernandes, 1976). As formações aquíferas são os Calcários Dolomíticos de Escusa, do Devónico médio, em tempos explorado para cal; estão integradas num sinclinal e sobrepõem-se às formações de xistos pelíticos, xistos argilosos, arenitos e quartzitos, também devónicos (Almeida *et al.*, 2000). Esta formação é constituída por calcários dolomíticos e dolomitos, por vezes cristalinos, muito fraturados, dobrados e carsificados (Monteiro, 1993, *in* Almeida *et al.*, 2000). Na envolvência deste sistema encontram-se as formações quartzíticas, gresosas a xistentas do Silúrico e as formações quartzíticas ordovícicas. O Quadro 2.1 sintetiza a geologia da massa de águas subterrânea, referindo para as diversas épocas/andares as principais formações geológicas ou litologias presentes. Segue abaixo uma descrição mais pormenorizada.

**Quadro 2.1 – Estratigrafia e litologia da massa de águas subterrâneas**

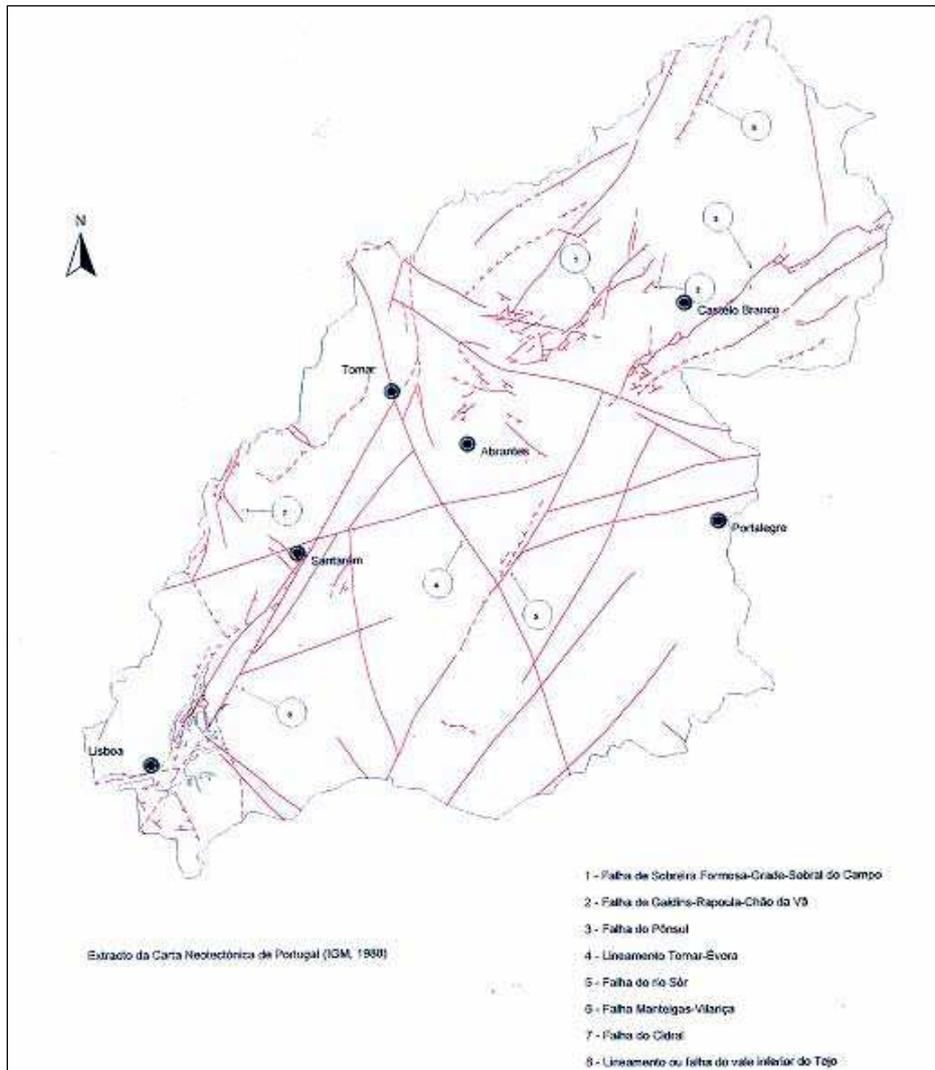
| Massa de águas subterrâneas | Estratigrafia  | Litologia  |
|-----------------------------|----------------|--|
| A2 – Escusa                 | Devónico médio | Calcários dolomíticos e dolomitos, com uma espessura conhecida de pelo menos 139 m |

Fonte: Almeida *et al.*, 2000; SNIRH; Oliveira *et al.*, 2000

A estrutura e fracturação das formações é dominada pelos campos de tensões relacionados com as orogénias hercínica e alpina, que se sobrepõem entre si (Fernandes *et al.*, 1973; Perdigão e Fernandes, 1976). O sistema aquífero constitui o núcleo de um sinclinal complexo – o sinclinal de Castelo de Vide – afetado por diversas dobras secundárias de idade hercínica, com orientação geral NW-SE, paralela ao dobramento principal (Monteiro e Silva, 1993), e extensão de cerca 40 km ao longo do seu eixo, sendo a extensão ao longo da perpendicular da ordem dos 10 km (Monteiro, 1993). As principais direções *de fracturação – algumas das quais poderão corresponder a falhas ativas* (Cabral e Ribeiro, 1988) – são (Fernandes *et al.*, 1973; Perdigão e Fernandes, 1976):

- ENE-WSW.
- NE-SW.
- NNE-SSW (direção menos preponderante).

Em termos de neotetónica a Figura 2.1 apresenta, de acordo com a Carta Neotetónica de Portugal, na escala 1/1 000 000 (Cabral, 1995), as estruturas neotetónicas que afetam a massa de águas subterrâneas de Escusa.



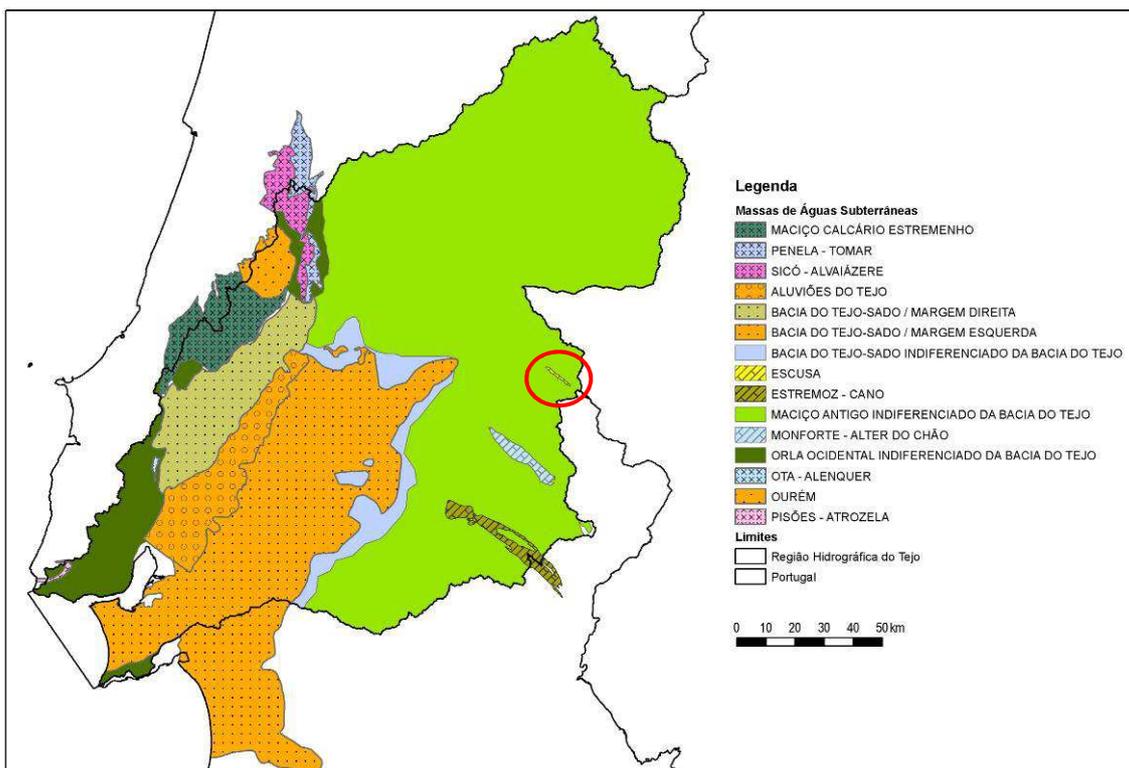
Fonte: MA, 1999

Figura 2.1 – Carta neotetónica

## 2.2 HIDROGEOLOGIA

### 2.2.1 Massas de águas subterrâneas

A Figura 2.2 indica a localização da massa de águas subterrâneas. O Quadro 2.2 lista a área e as litologias dominantes da massa de água. O Quadro 2.3 sintetiza a informação relativa às formações aquíferas dominantes, tipo de aquífero e porosidade. Este é um aquífero livre, de dupla porosidade, fraturado e cársico.



**Figura 2.2 – Enquadramento da massa de águas subterrâneas de Escusa**

**Quadro 2.2 – Identificação da massa de águas subterrâneas**

| Massa de águas subterrâneas | Litologias dominantes                                       | Área (km <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------|---|-------------------------|
| A2 – Escusa                 | Calcários dolomíticos e dolomitos fraturados e carsificados | 7,70                    |

Fonte: SNIRH, Almeida *et al.* (2000)

**Quadro 2.3 – Formações aquíferas dominantes e classificação quanto ao tipo de aquífero e meio de escoamento**

| Massa de águas subterrâneas | Formações aquíferas dominantes                   | Tipo de aquífero | Tipo de porosidade        |
|-----------------------------|--|------------------|---------------------------|
| A2 – Escusa                 | Calcários Dolomíticos de Escusa (Devónico médio) | Livre            | Cársico, Porosidade dupla |

Fonte: Oliveira *et al.*, 2000, Almeida *et al.*, 2000, SNIRH

A síntese da caracterização da transmissividade da massa de águas subterrâneas apresenta-se no Quadro 2.4. A síntese da produtividade, caracterizada pelo caudal de exploração das captações de água subterrânea é apresentada no Quadro 2.5.

**Quadro 2.4 – Caracterização da transmissividade da massa de águas subterrâneas**

| Massa de águas subterrâneas | Transmissividade (m <sup>2</sup> /d) |         |        |         | N.º de determinações |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------|--------|---------|----------------------|
|                             | Média                                | Mediana | Mínima | Máxima  |                      |
| A2 – Escusa                 | -                                    | -       | 5,5(b) | 4050(b) | Várias               |

<sup>(b)</sup> estimada com base em ensaio de bombagem

Fonte: Almeida *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2000

**Quadro 2.5 – Caracterização da produtividade da massa de águas subterrâneas**

| Massa de águas subterrâneas | Produtividade (l/s) |        |        | N.º de determinações | Classe de produtividade |
|-----------------------------|---------------------|--------|--------|----------------------|-------------------------|
|                             | Mediana             | Mínima | Máxima |                      |                         |
| A2 – Escusa                 | 9,6                 | 0,8    | 92     | 11                   | Alta                    |

Fonte: Almeida *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2000

De acordo com a classificação de Almeida *et al.* (2000) as classes de produtividade são definidas pelos intervalos de valores:

- Produtividade alta: mediana  $\geq 6$  l/s;
- Produtividade média: mediana  $\geq 1$  l/s e  $< 6$  l/s;
- Produtividade baixa: mediana  $< 1$  l/s.

As principais características hidroquímicas da massa de águas subterrâneas são apresentadas em síntese no Quadro 2.6. A classificação apresentada resulta da projeção das concentrações dos iões  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , dos vários pontos pertencentes a uma mesma massa de águas subterrâneas, num Diagrama de *Piper*, para as análises disponíveis desde 2000. A qualidade química das águas subterrâneas foi analisada com base em informação disponível nos primeiros planos de bacia, completada com o conjunto de informação mais atualizada existente na ARH Tejo para este milénio. Os anos de referência para a avaliação do estado foram: 2004-2008. A caracterização de pormenor do estado químico é apresentada na secção 5.2.

**Quadro 2.6 – Síntese da caracterização hidroquímica das massas de água**

| Massa de águas subterrâneas | Fácies predominante                   |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| A2 – Escusa                 | Bicarbonatada cálcica e/ou magnésiana |

### **2.2.2 Área de drenagem das massas de águas subterrâneas**

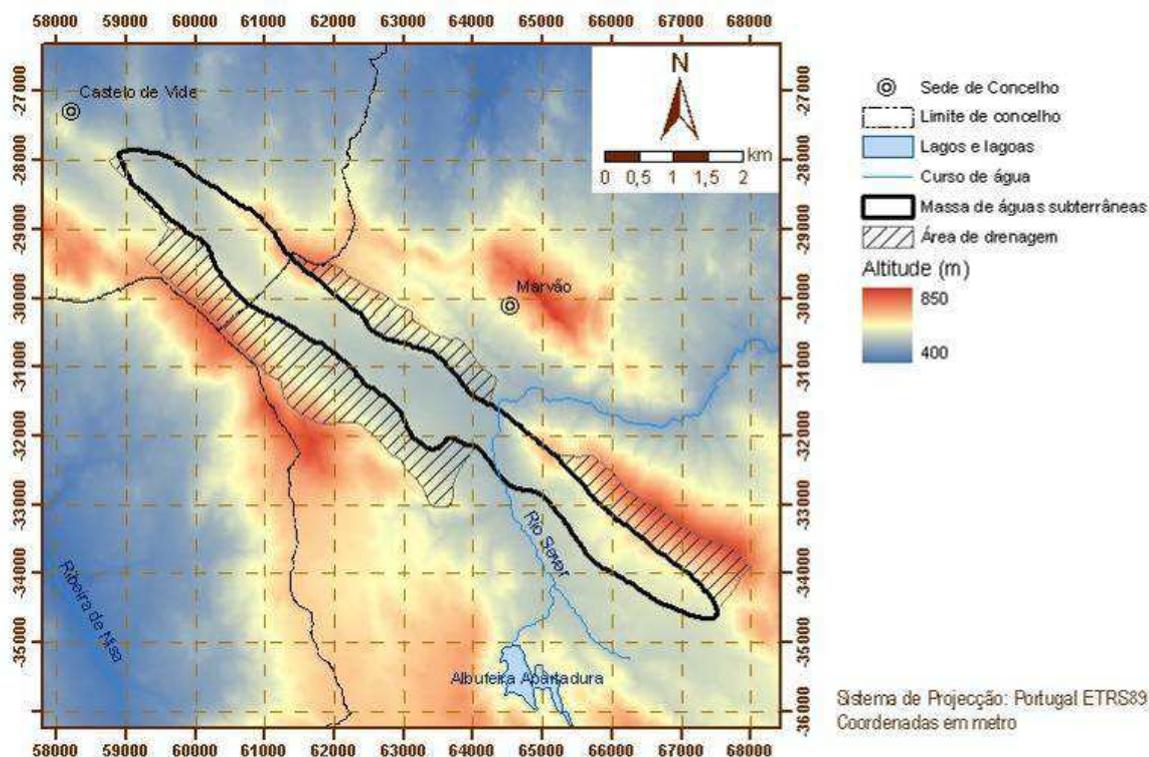
A área de drenagem é a área de afloramento da massa de águas subterrâneas acrescida da área adjacente à massa de águas subterrâneas onde o escoamento direto se faz para dentro dos limites da massa de águas subterrâneas, através ou não de uma rede de drenagem superficial, e onde, devido às características de infiltração dos solos subjacentes à massa de águas subterrâneas, esse escoamento direto se poderá infiltrar, recarregando os aquíferos. Na massa de água em análise, as áreas de drenagem não coincidem com as áreas de afloramento das massas de águas.

Nesta massa de águas subterrâneas, a reduzida dimensão da massa de águas relativamente à área das vertentes que drenam para ela leva a que as zonas de drenagem destas vertentes tenham algum significado. Com efeito, o escoamento direto gerado nestas vertentes deverá infiltrar-se quando atinge a massa de águas

subterrâneas. O Quadro 2.7 representa as áreas de drenagem da massa de águas subterrâneas. A Figura 2.3 representa as referidas áreas de drenagem.

**Quadro 2.7 – Áreas de drenagem das massas de águas subterrâneas do PGRH Tejo**

| Massa de águas subterrâneas | Área (km <sup>2</sup> ) | Área de drenagem exterior à massa de águas subterrâneas (km <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------|-------------------------|--|
| A2 – Escusa                 | 7,70                    | 6,57   |



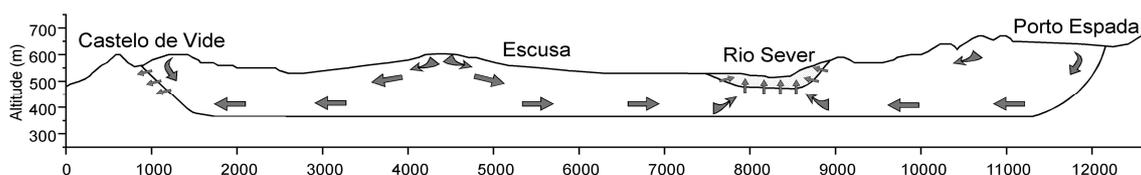
**Figura 2.3 – Área de drenagem da massa de águas subterrâneas de Escusa**

### 2.2.3 Modelo conceptual de funcionamento hidráulico

Em traços gerais considera-se que a principal entrada de água é a infiltração da água da chuva, que se processa dependendo das condições de ocupação do solo e da própria natureza do solo, em toda a extensão de afloramento. Dependendo das condições geomorfológicas, pode também ocorrer infiltração da água de escorrência superficial gerada fora da área de afloramento da massa de águas subterrâneas. Outras origens de entrada de água, também localizadas, são a recarga proveniente dos excedentes de rega, e as perdas de águas nas redes de distribuição e de saneamento. Só em situações pontuais é que se prevê que possa haver entrada de água a partir da infiltração de cursos de águas superficiais. O escoamento faz-se maioritariamente segundo os tipos principais de porosidade identificados no Quadro

2.5. As principais saídas da massa de águas subterrâneas são em direção aos cursos de águas superficiais que as drenam mas também podem ocorrer por evapotranspiração nos locais onde os níveis freáticos se encontram muito próximos da superfície. Segundo Monteiro (2001), as relações hidráulicas deste aquífero com o meio circundante caracterizam-se pela transferência de água para o rio Sever e, secundariamente, para as rochas graníticas que contactam com o setor NW do sistema aquífero. Estes locais de descarga permitem a definição de três setores de escoamento: de Escusa para Castelo de Vide a NW, de Escusa para o rio Sever na zona central e de Porto de Espada para o rio Sever a SE. Existe ainda uma componente importante de recarga alóctone proveniente da área de drenagem do sistema aquífero.

O corte transversal apresentado na Figura 2.4 ilustra os três setores que podem distinguir-se, de acordo com os sentidos regionais predominantes de escoamento em direção a estas áreas de descarga

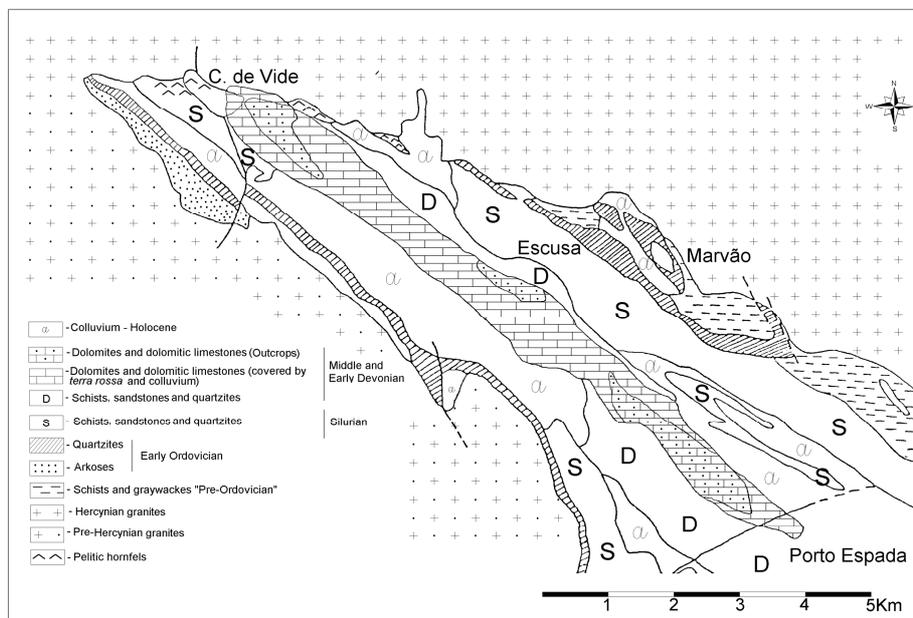


**Figura 2.4 – Corte transversal ilustrativo dos sentidos predominantes de escoamento e áreas de descarga do aquífero cársico de Castelo de Vide. As distâncias dos eixos são dadas em metros. As flechas maiores representam o escoamento subterrâneo. As mais pequenas atravessando os limites do aquífero representam a posição das áreas de descarga**

O funcionamento hidráulico do aquífero cársico de Castelo de Vide é caracterizado por um regime de transferências altamente transitório, no qual se verificam frequentes inversões de gradiente entre um sistema de condutas e fraturas transmissivos e uma massa rochosa capacitiva. Este sistema capacitivo tem um importante efeito regularizador no armazenamento de água durante as épocas de estiagem. Deste modo, mesmo nos anos em que o balanço de entradas e saídas é negativo, verifica-se que a diminuição da reserva é imediatamente repostada no início do ano hidrológico seguinte, diminuindo no entanto nestas circunstâncias o superavit hídrico escoado para as saídas naturais do sistema.

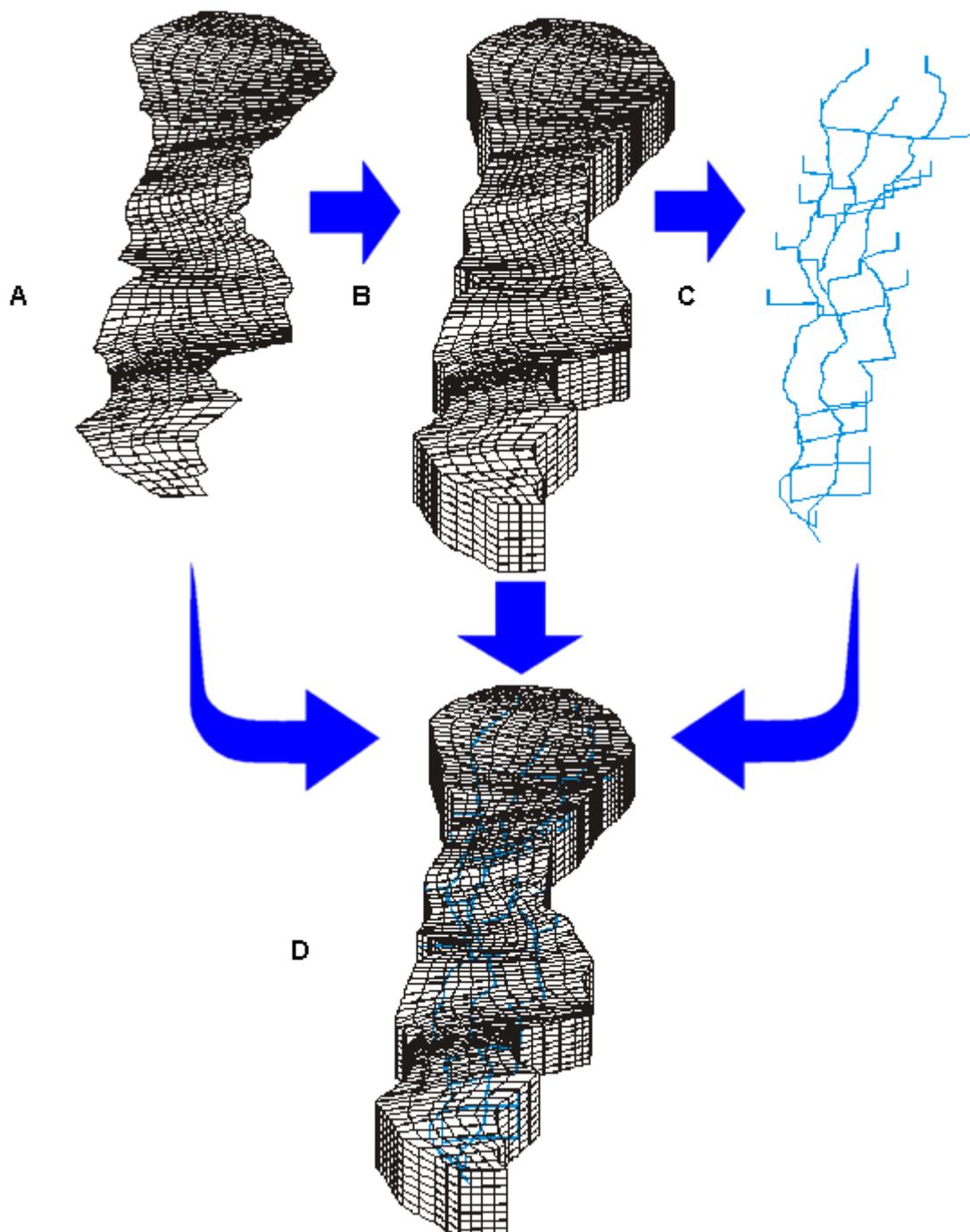
A representação do domínio de escoamento constituído pelo aquífero carbonatado de Castelo de Vide é ilustrada de forma mais completa nas Figura 2.5 e Figura 2.6, onde se representam, respetivamente, um mapa geológico do sistema aquífero e área envolvente e uma rede de fluxo em elementos finitos, construída para efetuar a

simulação matemática do funcionamento hidráulico do aquífero. Esta rede de elementos finitos representa a geometria tridimensional das rochas carbonatadas devónicas que sustentam esta massa de águas subterrâneas, de acordo com o estado atual do conhecimento da geologia desta área, à data da realização destes trabalhos.



Fonte: Monteiro (2001)

**Figura 2.5 – Mapa geológico do sistema aquífero de Escusa e área envolvente**



(A) elementos 2-D onde é simulada a infiltração difusa, constituída por elementos quadráticos com 8 nós; (B) elementos 3-D que representam a massa rochosa capacitiva com baixa condutividade hidráulica, construída com elementos hexaédricos quadráticos com 20 nós (C) elementos quadráticos 1-D com 3 nós usados para simular condutas cársicas. Os elementos 1-D são usados para simular os canais de dissolução em conexão hidráulica com a superfície topográfica onde existem sumidouros em que se infiltram cursos de água temporários junto aos limites do aquífero. Finalmente, em (D), representam-se todos os elementos finitos que constituem a rede global de simulação de fluxo. A rede é constituída por 42841 nós e a máxima dimensão do modelo é de 8,951m. A rede encontra-se sobrelevada (fator de escala correspondente a 3)

Fonte: Monteiro (2010)

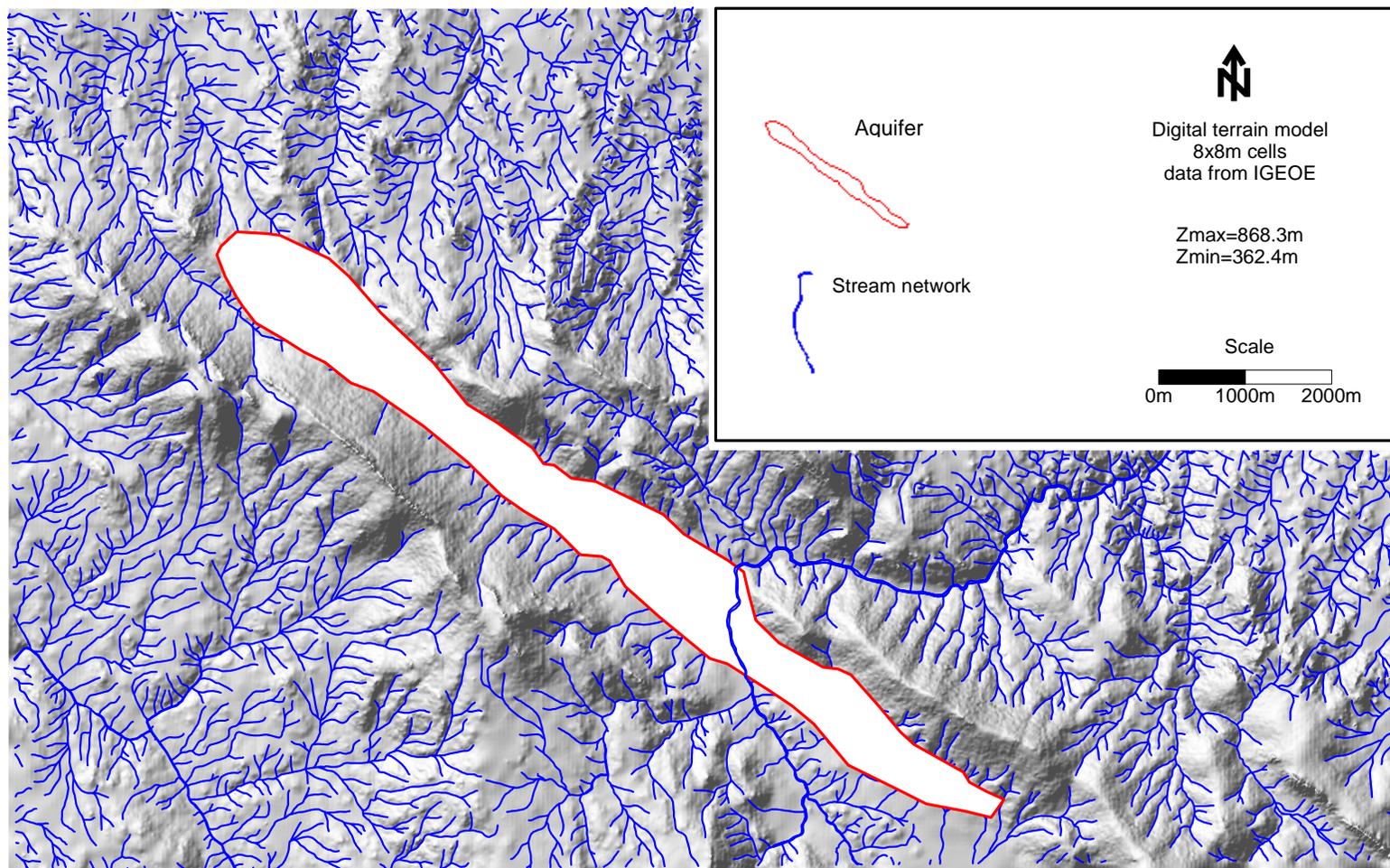
**Figura 2.6 – Rede de elementos finitos do modelo de escoamento do sistema aquífero de Escusa**

Do modelo conceptual proposto para este sistema aquífero resultam diversas implicações práticas, relevantes para efeito de gestão da água. Nomeadamente:

- Existe uma componente importante de recarga alóctone (resultante da infiltração lateral de diversos cursos de água que escoam, sobre litologias pouco permeáveis, em direção ao sistema aquífero).
- As contribuições laterais referidas no ponto anterior são responsáveis pelo estado de subsaturação em calcite e dolomite destas águas, as quais são menos duras do que o habitual em aquíferos cársicos nas condições climáticas prevalentes na generalidade do território português (Monteiro et al., 1997).
- A descarga regional deste sistema aquífero verifica-se, de forma concentrada, em direção ao rio Sever, contribuindo para que este curso de água, que a jusante do sistema aquífero define a fronteira entre Portugal e Espanha, tenha carácter permanente. O rio Sever é pois a principal área de descarga desta massa de águas subterrâneas.
- Adicionalmente ao referido no ponto anterior, no setor mais a Norte deste sistema aquífero (na periferia do núcleo urbano de Castelo de Vide), verifica-se a existência de uma área de descarga difusa secundária, que descarrega em direção a diversas linhas de água que circundam esta povoação, alimentando igualmente o meio fraturado constituído pelas formações graníticas, as quais contactam com as rochas carbonatadas devónicas que suportam o sistema aquífero.

Os aspetos referidos relacionam-se de forma direta com as relações que se estabelecem entre a rede hidrográfica e este sistema aquífero e que se ilustram na Figura 2.7.

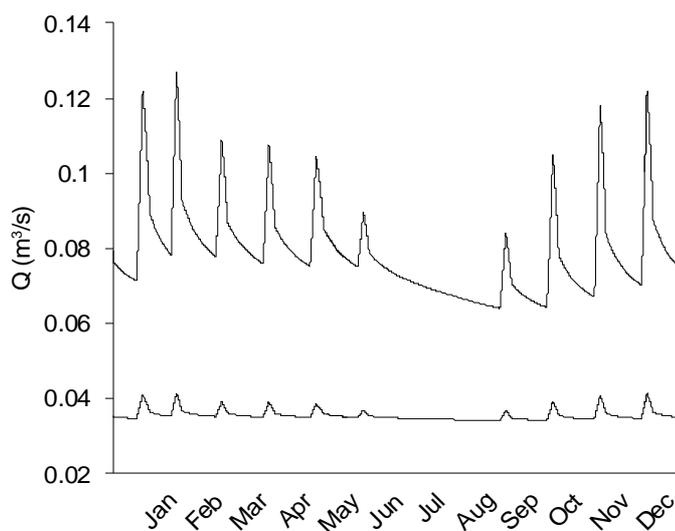
Finalmente, de forma a complementar os aspetos práticos relevantes para efeitos de gestão da água respeitantes ao modelo conceptual de funcionamento deste sistema aquífero, apresentam-se ainda, na Figura 2.8, os hidrogramas das transferências mensais médias ocorridas nas suas saídas naturais, para uma série climática de 40 anos, fornecendo esta figura informação sobre o regime natural de transferências nestas áreas que, como referido noutra secção do presente plano, são ecossistemas dependentes das águas subterrâneas que circulam neste sistema aquífero.



Fonte: Monteiro (2001)

**Figura 2.7 – Modelo digital de terreno mostrando a morfologia da área circundante do sistema aquífero de Escusa. A rede hidrográfica na área das rochas carbonatadas é praticamente inexistente, com exceção do Rio Sever que constitui a área de descarga principal do sistema**





Fonte: Cunha *et al.* (2004)

**Figura 2.8 – Transferências mensais médias do aquífero para o rio Sever (hidrograma superior) e para as rochas graníticas que contactam com o aquífero na área de Castelo de Vide (hidrograma inferior). Simulação baseada nos volumes de recarga mensais médios dos últimos 40 anos**

## 2.3 AVALIAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES

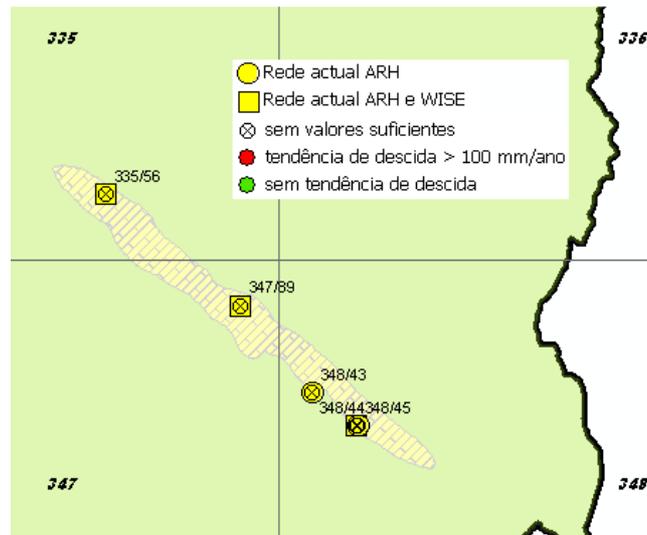
### 2.3.1 Introdução

A metodologia de análise das séries de níveis piezométricos e de avaliação da recarga foi apresentada no relatório LNEC 289/2011 (Lobo Ferreira *et al.*, 2011), tendo a recarga sido calculada usando o BALSEQ\_MOD (Oliveira, 2004, 2006). A classificação do estado quantitativo das massas de águas subterrâneas exigiu ainda a aplicação dos testes relativos aos ecossistemas dependentes ou associados às águas subterrâneas.

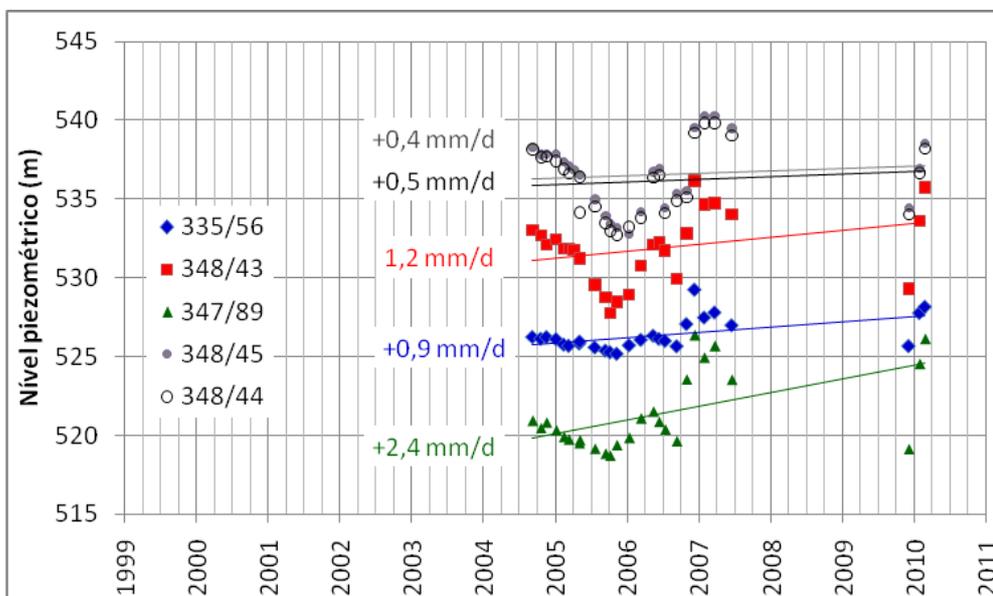
### 2.3.2 Evolução dos níveis piezométricos

A Figura 2.9. indica, a partir da análise de regressão linear dos valores de piezometria observados, a tendência de evolução dos valores máximos anuais em cada piezómetro, tendo-se considerado com valor crítico a tendência de descida de 100 mm/ano. A Figura 2.10 apresenta as tendências de evolução piezométrica usando a totalidade das séries. Devido às várias lacunas de dados, apesar de se ter desenhado retas de tendência na figura, as tendências não refletem a tendência de evolução dos níveis uma vez que estas retas estão condicionadas pela inexistência de valores após Fevereiro de 2010. Dada a inexistência de anos hidrológicos aproximadamente

completos, não se fez a análise dos valores máximos, mínimos e médios de cada ano hidrológico. Em conclusão, e apesar do andamento temporal das séries temporais ser relativamente semelhante (apesar de se detetarem comportamentos diferenciáveis a escalas temporais mais detalhadas, como mostrado em Monteiro, 2001), os diferentes setores dos sistemas apresentam alguma independência, pelo que a existência de problemas, como a sobreexploração nalguns setores, não se reflete de forma facilmente mensurável noutros.



**Figura 2.9 – Distribuição dos pontos da rede de monitorização da massa de águas subterrâneas de Escusa**



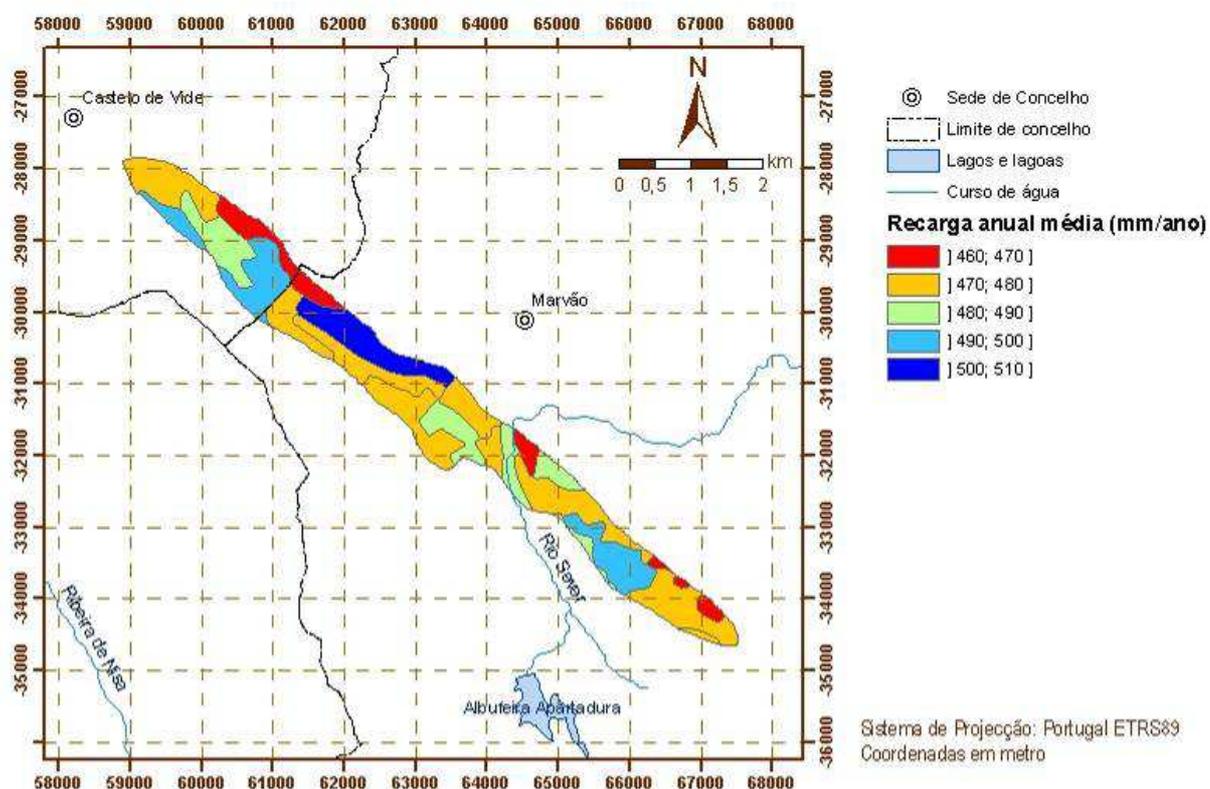
**Figura 2.10 – Níveis piezométricos por piezômetro e tendências obtidas utilizando a totalidade das séries**

### 2.3.3 Evolução espaço-temporal da recarga

A recarga foi avaliada para o período de 1-10-1979 a 30-09-2010. O mapa da Figura 2.11 apresenta a distribuição da recarga anual média e o Quadro 2.8 os valores médios anuais para a totalidade da massa de águas subterrâneas. Dado tratar-se de uma área muito carsificada, considera-se que todo o escoamento direto que possa ser gerado pela precipitação na superfície do terreno não impermeabilizada acaba por se infiltrar após um percurso curto sobre a superfície da massa de águas, contribuindo também para a sua recarga. Os valores médios obtidos pelo balanço hídrico subterrâneo para cada associação de solo / ocupação do solo / setor / existência de carso apresentam-se no Quadro A.1 do Anexo 2.

**Quadro 2.8 – Resultados anuais médios do balanço hídrico sequencial diário (Escusa)**

| Área (km <sup>2</sup> ) | Precipitação (mm/ano) | Evapotranspiração real (mm/ano) | Escoamento direto (mm/ano) | Recarga  |                        |        |
|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------|----------|------------------------|--------|
|                         |                       |                                 |                            | (mm/ano) | (hm <sup>3</sup> /ano) | % Prec |
| 7,7                     | 776                   | 292                             | 2                          | 482      | 3,72                   | 62 %   |



**Figura 2.11 – Recarga da massa de águas subterrâneas de Escusa**

Aos valores de recarga natural por infiltração da água da chuva ocorrida na área da massa de águas subterrâneas acrescem os valores provenientes do escoamento

direto produzido na área de drenagem desta massa de águas e que se infiltram quando atingem os limites da mesma. Estes valores foram estimados utilizando o mesmo balanço hídrico sequencial diário aplicado à massa de águas subterrâneas envolvente, A0x1RH5 – Maciço Antigo indiferenciado da Bacia do Tejo, que estimou o volume de escoamento direto na área de drenagem em 1,07 hm<sup>3</sup>/ano, o que, dividido pela área da massa de águas corresponde a uma altura de água média de 139 mm/ano. Assim, estima-se a recarga total da massa de águas subterrâneas de Escusa em 621 mm/ano, ou 4,79 hm<sup>3</sup>/ano (Quadro 2.9).

**Quadro 2.9 – Recarga da massa de águas subterrâneas de Escusa**

| Recarga direta |                        | Recarga da área de drenagem |                        | Recarga total |                        |
|----------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------|------------------------|
| (mm/ano)       | (hm <sup>3</sup> /ano) | (mm/ano)                    | (hm <sup>3</sup> /ano) | (mm/ano)      | (hm <sup>3</sup> /ano) |
| 482            | 3,72                   | 139                         | 1,07                   | 621           | 4,79                   |

#### **2.3.4 Massas de água associadas a ecossistemas aquáticos de superfície ou ecossistemas terrestres que delas dependem diretamente**

Os cursos de água, assim como os ecossistemas ripícolas associados a estes cursos de água, que constituem EDAS, são os seguintes (Figura 2.12):

- Rio Sever e áreas ripárias associadas
- Cabeceiras de linhas de água e zonas de descarga difusa de castelo de Vide

Com efeito, considerando os sentidos regionais de fluxo (Figura 2.4; Monteiro, 2010) admite-se que o **rio Sever**, que se desenvolve para jusante deste sistema aquífero é atualmente um **ecossistema altamente dependente das águas subterrâneas** que circulam em dois dos três sistemas locais de fluxo, identificados em conformidade com o modelo conceptual de escoamento. De facto verifica-se que o rio Sever aumenta, de forma muito significativa, o seu regime de caudal durante o seu percurso de cerca de 800 m sobre este sistema aquífero. O rio Sever e áreas ripárias associadas constituem assim ecossistemas dependentes das águas subterrâneas associadas a este sistema aquífero. Quanto ao grau desta dependência, este pode ser determinado a partir da monitorização deste cursos de água, desde que existam dados hidrométricos que permitam calcular o seu tempo de concentração. Assim, logo que exista água em circulação neste rio para além deste tempo de concentração, deverá considerar-se que esta provém do sistema aquífero e, por consequência, passado este período, a dependência de águas subterrâneas é total. Porém, enquanto ocorrerem contribuições do escoamento direto para a rede hidrográfica, a ribeira de Porto Espada

(denominação do rio Sever a montante do Sistema Aquífero de Escusa, a dependência de águas subterrâneas destes ecossistemas é parcial. Dada a existência de uma barragem a montante do aquífero (barragem da Apartadura) o real grau de dependência de águas subterrâneas do rio Sever pode ser quase totalmente controlado através do regime de descargas por este reservatório artificial, uma vez que recebe o escoamento de grande parte da bacia hidrográfica deste curso de água, na Serra de S. Mamede a montante do aquífero de Escusa (Castelo de Vide).

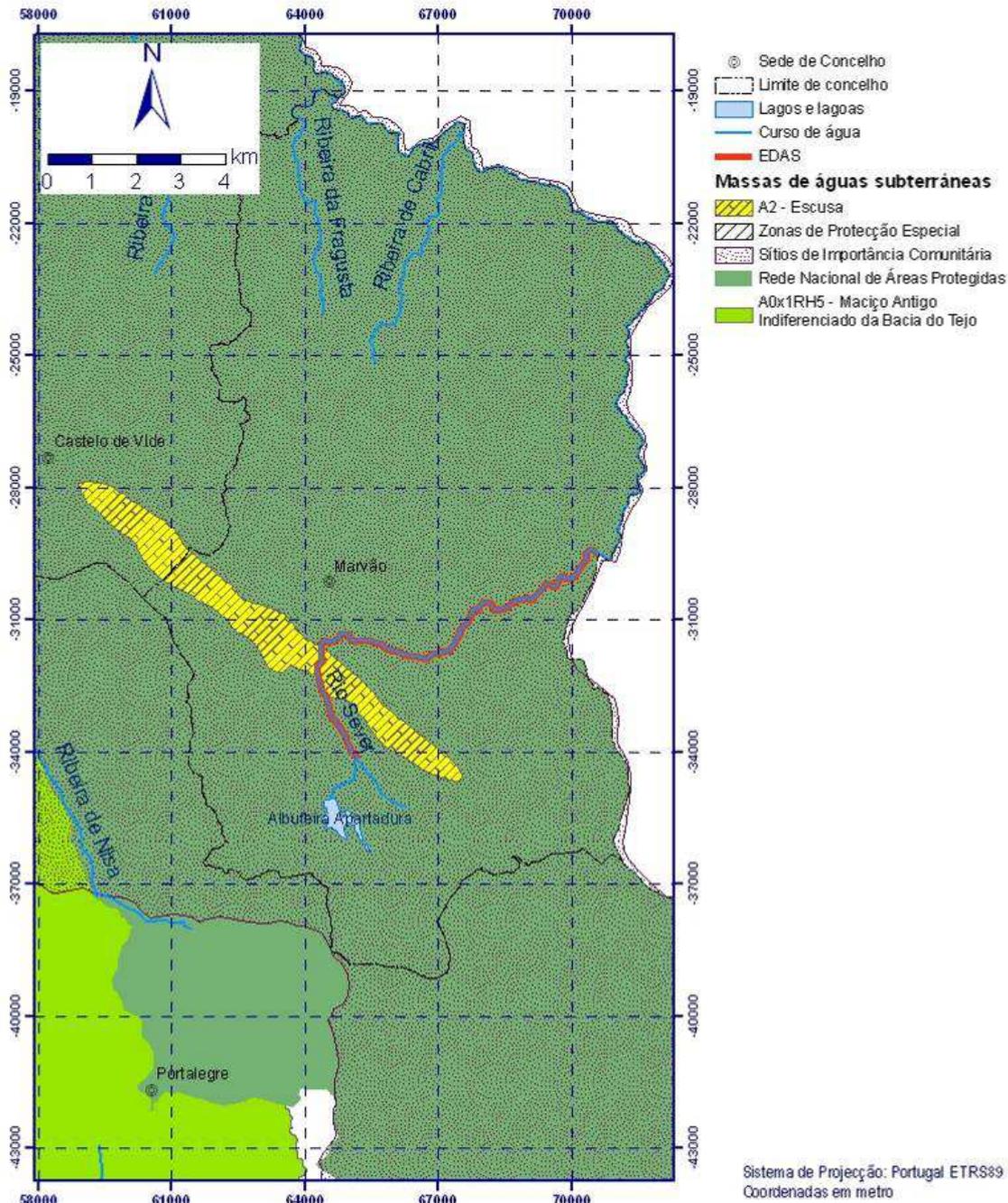
**No setor terminal NE** do sistema aquífero (área de Castelo de Vide) desenvolve-se um sistema local de escoamento cuja descarga contribui para a formação de várias **cabeceiras de linhas de água** e, ainda, de **uma zona de descarga difusa** de áreas de declive elevado coalescentes com o perímetro urbano de Castelo de Vide. Esta área, com vegetação mais abundante do que aquela que não usufrui destas descargas, pode considerar-se como um **ecossistema dependente das águas subterrâneas** que circulam neste sistema aquífero. O Quadro 2.10 sintetiza as relações rio-aquífero para o sistema aquífero de Escusa, de acordo com a descrição do rio Sever da cobertura “ART13\_MDRENA\_PTCONT”.

**Quadro 2.10 – Cursos de água associados à massa de águas subterrâneas**

| EU_CD        | NAME      | SEG_CD       | RIVER_NAME |
|--------------|-----------|--------------|------------|
| PT05TEJ0918N | rio Sever | PTRIVSEG2498 | rio Sever  |

Acresce-se ainda que, tanto o rio Sever como a área difusa de descarga e cabeceiras de linhas de água situadas no limite NW do sistema aquífero são zonas incluídas no Anexo IV da Diretiva-Quadro da Água, na categoria de “Zonas designadas para a proteção de habitats ou de espécies em que a manutenção ou melhoramento do estado da água seja um dos fatores importantes para a proteção, incluindo os sítios relevantes da rede Natura 2000, designados ao abrigo da Diretiva 92/43/CEE e da Diretiva 79/409/CEE”. Estas áreas estão totalmente incluídas no Parque Natural da Serra de S. Mamede e no “Sítio de Importância Comunitária (SIC) da Serra de S. Mamede” (cf. Figura 2.12).

Não existem identificados charcos temporários como EDAS na área da massa de águas subterrâneas.



**Figura 2.12 – Ecossistemas dependentes de águas subterrâneas (EDAS) no sistema aquífero e posição deste e do rio Sever no seio da Rede Nacional das Áreas Protegidas (Parque Natural da Serra de S. Mamede) e Sítio de Importância Comunitária da Serra de S. Mamede**

### 2.3.5 Identificação das zonas potenciais de recarga de aquíferos

A metodologia de identificação destas zonas foi apresentada no relatório LNEC 289/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011). A Figura 2.13 apresenta o mapa com o Índice de Facilidade de Infiltração. A análise desta figura deve ter em linha de conta a massa de

água subterrânea subjacente e a sua zona de descarga, ou seja, deve ter em atenção o modelo conceptual de escoamento das massas de água.

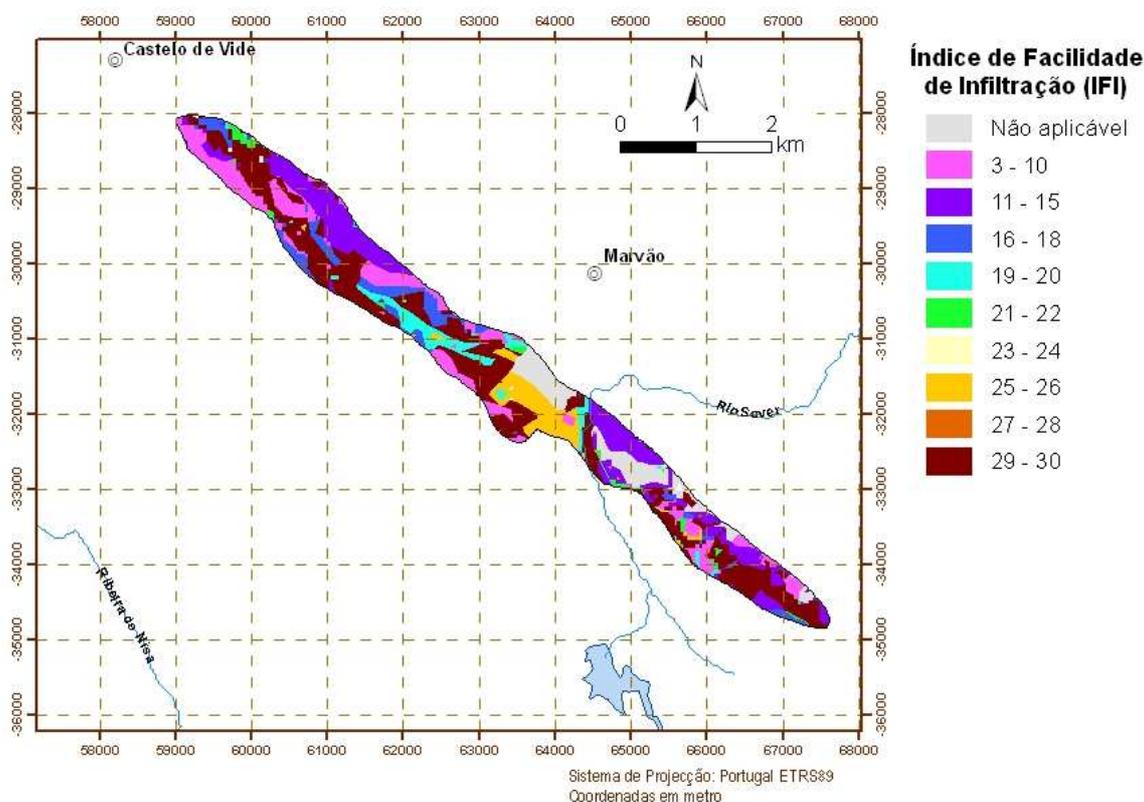


Figura 2.13 – Índice de Facilidade de Infiltração da massa de águas subterrâneas de Escusa

### 2.3.6 Massas de água em risco

De acordo com a análise conforme à metodologia apresentada no relatório LNEC 289/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011), a massa de águas subterrâneas A2 – Escusa não é considerada uma massa de águas subterrâneas em risco.

## 3. USOS, NECESSIDADES E PRESSÕES SOBRE A MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 3.1 USOS E NECESSIDADES DE ÁGUA

#### 3.1.1 Necessidades de água por tipologia de uso (usos consumptivos e não consumptivos)

A metodologia para a avaliação dos usos e necessidades de água apresentou-se no relatório LNEC 289/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011). As tipologias de uso consideradas compreendem:

- Abastecimento público;
- Agricultura;
- Pecuária;
- Indústria.

### 3.1.1.1 A. Abastecimento público – Sistemas de abastecimento

No Quadro 3.1 apresentam-se os valores de capitação “útil” por concelho (inserido total ou parcialmente na área da massa de águas subterrâneas), os valores das capitações totais e “úteis” respeitantes a 1997 e os parâmetros estatísticos: máximo, mínimo e média.

**Quadro 3.1 – Evolução das capitações por concelho**

| Concelho        | Capitações estimadas no anterior plano <sup>1</sup> |                        | Capitações atuais <sup>2</sup> |                        |
|-----------------|---|------------------------|--------------------------------|------------------------|
|                 | Cap. Útil (l/hab.dia)                               | Cap. Total (l/hab.dia) | Cap. Útil (l/hab.dia)          | Cap. Total (l/hab.dia) |
| Castelo de Vide | 133(b)  | 180(a)                 | 145                            | 356                    |
| Marvão          | 161   | 215                    | 177                            | 197                    |
| Máximo          | 161   | 215                    | 177                            | 356                    |
| Mínimo          | 133   | 180                    | 145                            | 197                    |
| Média           | 147   | 198                    | 161                            | 277                    |

<sup>1</sup> Sempre que possível apresentou-se a capitação respeitante a 1997.

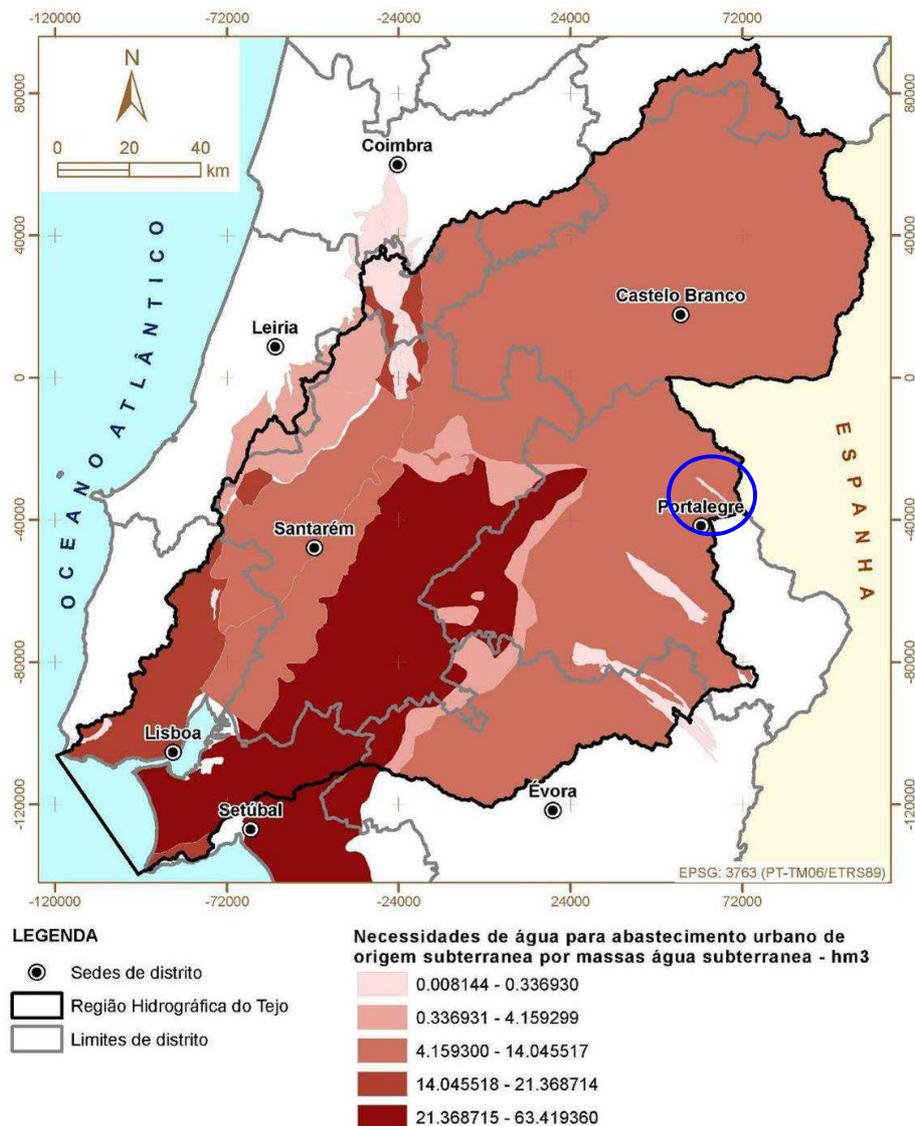
<sup>2</sup> Calculada com base nos dados INSAAR 2010.

(a) Valor referente a 1994.

Relativamente aos valores médios obtidos no âmbito do PGRH Tejo de 2001, verificam-se aumentos da ordem de 9,5% na capitação “útil”, enquanto a capitação total aumentou cerca de 40%. O Quadro 3.2 e a Figura 3.1 apresentam os volumes de água abastecidos por fontes subterrâneas.

**Quadro 3.2 – Abastecimento público. Necessidades de água satisfeitas por origens subterrâneas**

| Massa de águas subterrâneas | Volume captado (hm <sup>3</sup> /ano) |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| A2 – Escusa                 | 0,020                                 |



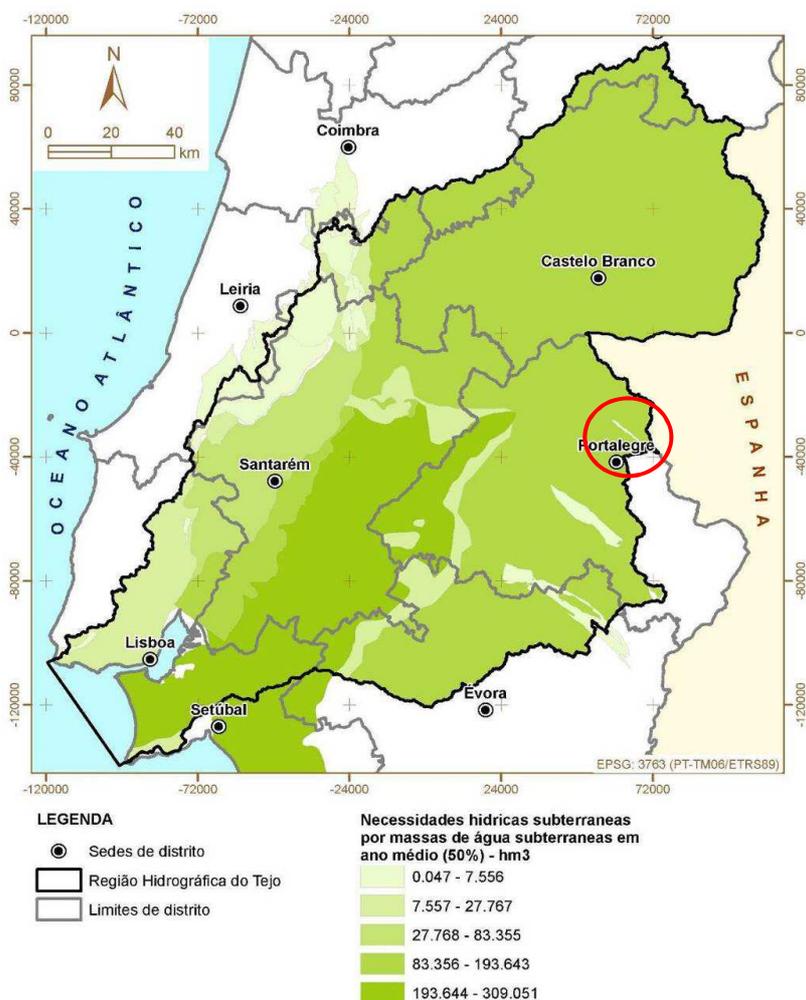
**Figura 3.1 – Abastecimento urbano. Necessidades de água satisfeitas por origens subterrâneas, por massa de águas subterrâneas**

### 3.1.1.2 B. Agricultura

As necessidades de água para a agricultura foram consideradas como as dos volumes de água utilizados na rega. A metodologia de cálculo destas necessidades foi apresentada no relatório LNEC 289/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011). No Quadro 3.3. apresentam-se os volumes fornecidos pelas massas de águas subterrâneas em ano médio e seco. A Figura 3.2 representa as necessidades de água para rega em ano médio associadas às massas de águas subterrâneas.

**Quadro 3.3 – Necessidades hídricas totais anuais satisfeitas por origens subterrâneas (hm<sup>3</sup>)**

| Massa de águas subterrâneas | Ano Médio (50%) | Ano Seco (80%) |
|-----------------------------|-----------------|----------------|
| A2 – Escusa                 | 0,037           | 0,043          |



**Figura 3.2 – Consumos de rega anuais totais satisfeitos por massa de águas subterrâneas (hm<sup>3</sup>/ano)**

### 3.1.1.3 C. Pecuária

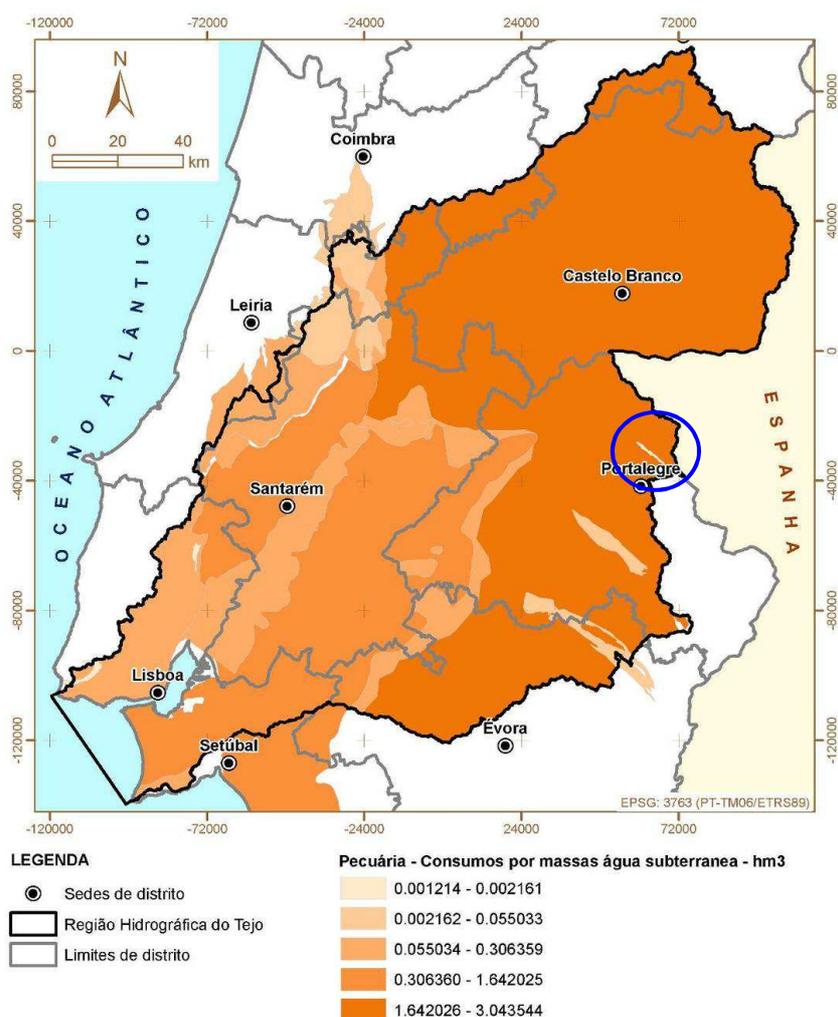
As necessidades de água para a pecuária foram calculadas com base nos efetivos animais e consumos unitários de cada espécie. No Quadro 3.4 apresentam-se os valores das necessidades de água para a pecuária por concelho. As necessidades de água para o setor pecuário são de 0,12 hm<sup>3</sup> por ano para a massa de água subterrânea. As necessidades de água para a pecuária, satisfeitas por origens subterrâneas, são apresentadas no Quadro 3.5. A Figura 3.3 ilustra estes resultados.

**Quadro 3.4 – Necessidades de água para a pecuária por concelho, espécie e sistema de produção (hm<sup>3</sup>/ano)**

| Concelhos              | Bovinos   |           | Suínos    |           | Ovinos    |           | Caprinos  |           | Total     |           |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                        | Extensivo | Intensivo |
| Castelo de Vide        | 0,0010    | 0,0666    | 0,0002    | 0,0000    | 0,0031    | 0,0071    | 0,0010    | 0,0009    | 0,0053    | 0,0746    |
| Marvão                 | 0,0056    | 0,0260    | 0,0010    | 0,0000    | 0,0039    | 0,0047    | 0,0004    | 0,0000    | 0,0108    | 0,0307    |
| Subtotal               | 0,0066    | 0,0926    | 0,0012    | 0,0000    | 0,0070    | 0,0118    | 0,0014    | 0,0009    | 0,0161    | 0,1053    |
| Total/espécie animal   | 0,0992    |           | 0,0012    |           | 0,0188    |           | 0,0023    |           |           |           |
| Total na massa de água | 0,1215    |           |           |           |           |           |           |           |           |           |

**Quadro 3.5 – Necessidades de água para o setor da Pecuária satisfeitas por origens subterrâneas**

| Massas de águas subterrâneas | Volume (hm <sup>3</sup> /ano) |
|------------------------------|-------------------------------|
| A2 – Escusa                  | 0,002                         |



**Figura 3.3 – Necessidades de água para a pecuária satisfeitas por origens subterrâneas. Consumos por massa de águas subterrâneas (hm<sup>3</sup>/ano)**

### 3.1.1.4 D. Indústria

As necessidades de água por concelho são apresentadas no Quadro 3.6.

**Quadro 3.6 – Distribuição das necessidades anuais de água dos estabelecimentos industriais pelos concelhos**

| Concelho        | Necessidades (m <sup>3</sup> /ano) |
|-----------------|------------------------------------|
| Castelo de Vide | 81 375                             |
| Marvão          | 336 636                            |
| <b>TOTAL</b>    | <b>418 011</b>                     |

As necessidades de água para a indústria agora estimadas ascendem a 0,4 hm<sup>3</sup>/ano. Os volumes fornecidos pela massa de águas subterrâneas apresentam-se no Quadro 3.7.

**Quadro 3.7 – Necessidades de água para a Indústria satisfeitas por origens subterrâneas**

| Massa de águas subterrâneas | Volume (hm <sup>3</sup> /ano) |
|-----------------------------|-------------------------------|
| A2 – Escusa                 | 0,006                         |

### 3.1.2 Avaliação do balanço entre necessidades, disponibilidades e potencialidades

A estimativa das necessidades satisfeitas por origens de água subterrâneas para os setores do Abastecimento urbano, Indústria, Rega e Pecuária é apresentada no Quadro 3.8. A recarga e o balanço hídrico da massa de água é apresentada Quadro 3.9.

**Quadro 3.8 – Necessidades de água em ano médio para os diferentes setores (hm<sup>3</sup>/ano)**

| Massa de águas subterrâneas | Abastecimento | Indústria | Pecuária | Agricultura | Turismo |
|-----------------------------|---------------|-----------|----------|-------------|---------|
| A2 – Escusa                 | 0,020         | 0,006     | 0,002    | 0,043       | 0,000   |

**Quadro 3.9 – Balanço hídrico dos recursos subterrâneos para o ano médio**

| Massas de águas subterrâneas | Recarga BALSEQ (hm <sup>3</sup> /ano) | Recarga ARH-Tejo (hm <sup>3</sup> /ano) | Recarga de rega (hm <sup>3</sup> /ano) | Necessidades por captações subterrâneas (hm <sup>3</sup> /ano) <sup>(5)</sup> | Taxa de exploração (%) <sup>(6)</sup> |
|------------------------------|---------------------------------------|---|--|---|---------------------------------------|
| A2 – Escusa                  | 4,79 <sup>(1)</sup>                   | 3,18                                    | 0,009                                  | 0,065   | 2,0                                   |

(1) O volume de recarga apresentado inclui 139 mm/ano ou 1,07 hm<sup>3</sup>/ano de recarga de água proveniente do escoamento direto das áreas de drenagem da massa de águas subterrâneas.

(5) Estes valores são as necessidades totais satisfeitas pelas águas subterrâneas não tendo sido subtraídos os valores que são devolvidos ao meio hídrico subterrâneo pela infiltração das perdas da água de rega.

(6) Para a taxa de exploração foram utilizados os valores mais restritivos de recarga.

### 3.2 ABASTECIMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

O n.º de captações de água para abastecimento público é apresentado no Quadro 3.10.

**Quadro 3.10 – Número de captações presentes na massa de águas subterrâneas**

| Massa de águas subterrâneas | N.º captações |
|-----------------------------|---------------|
| A2 – Escusa                 | 2             |

Fonte: Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais, INSAAR 2010 (Dados relativos a 2008)

### 3.3 CARATERIZAÇÃO E ANÁLISE DE VULNERABILIDADES

#### 3.3.1 Riscos de poluição acidental

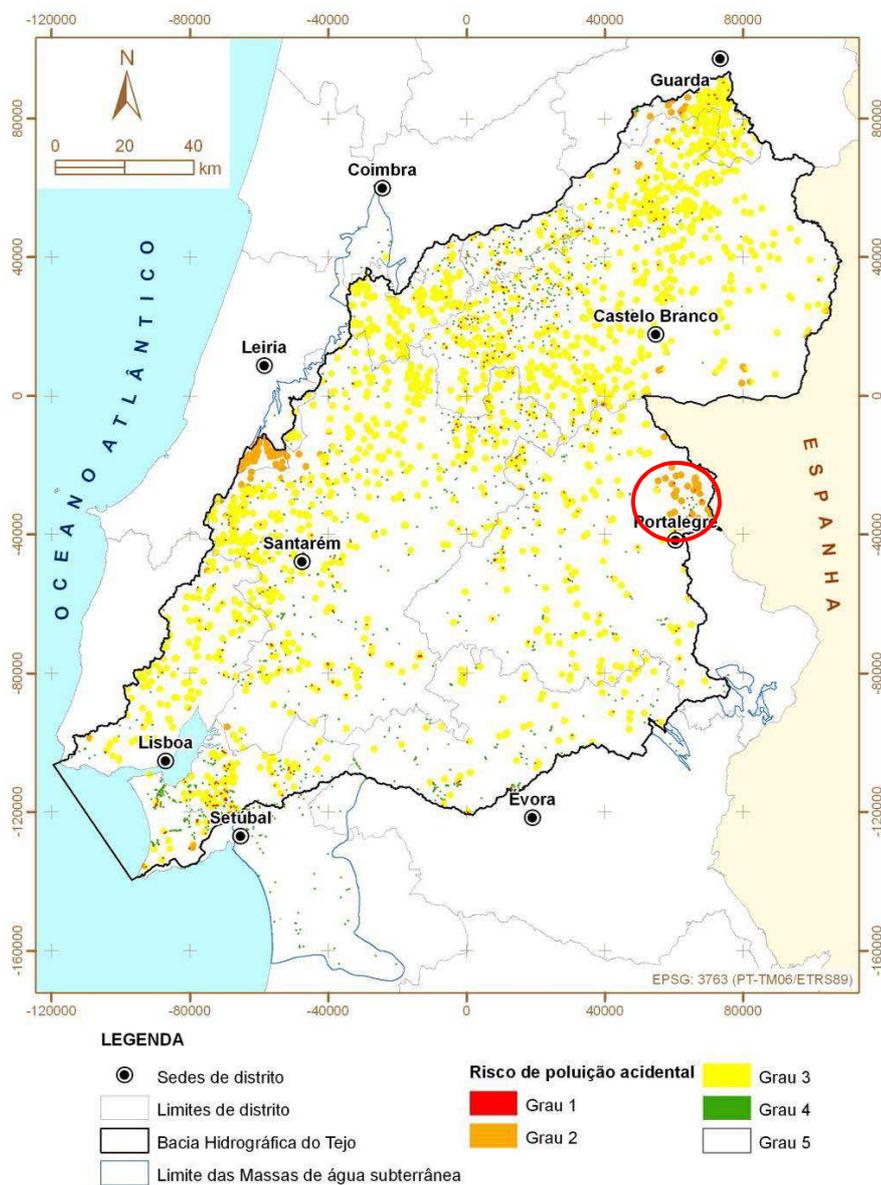
A poluição acidental é um tipo de poluição que, como o próprio nome indica, resulta de episódios imprevisíveis. Como qualquer outro tipo de poluição da água, também esta pode provocar problemas nos ecossistemas aquáticos e nas massas de água localizados a jusante do acidente.

Assim, muitos dos potenciais riscos de poluição acidental estão associados às próprias pressões identificadas, muito em especial às associadas a indústrias com sistemas de retenção de efluentes líquidos ou sólidos passíveis de sofrerem ruturas acidentais. Outro tipo de poluição acidental pode estar relacionado com a ocorrência de fenómenos acidentais abrangentes que podem ter consequências ao nível da qualidade dos recursos, como por exemplo o caso dos fogos florestais e as suas implicações na quantidade e qualidade dos recursos hídricos de jusante.

As áreas sujeitas a poluição acidental foram classificadas em cinco graus de risco, sendo este risco definido pela conjunção de proximidade de duas situações: (i) atividades/ocupações do solo potencialmente indutoras de picos de poluição, na sequência de hipotéticos acidentes de origem natural ou artificial; (ii) locais especialmente sensíveis a tais picos de poluição, a saber, captações de água para consumo humano e áreas sensíveis. A metodologia da cartografia dos graus de risco de poluição acidental foi apresentada no relatório LNEC 289/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011). A Figura 3.4 apresenta a proposta para a classificação do território, de acordo com o grau de risco de poluição acidental.

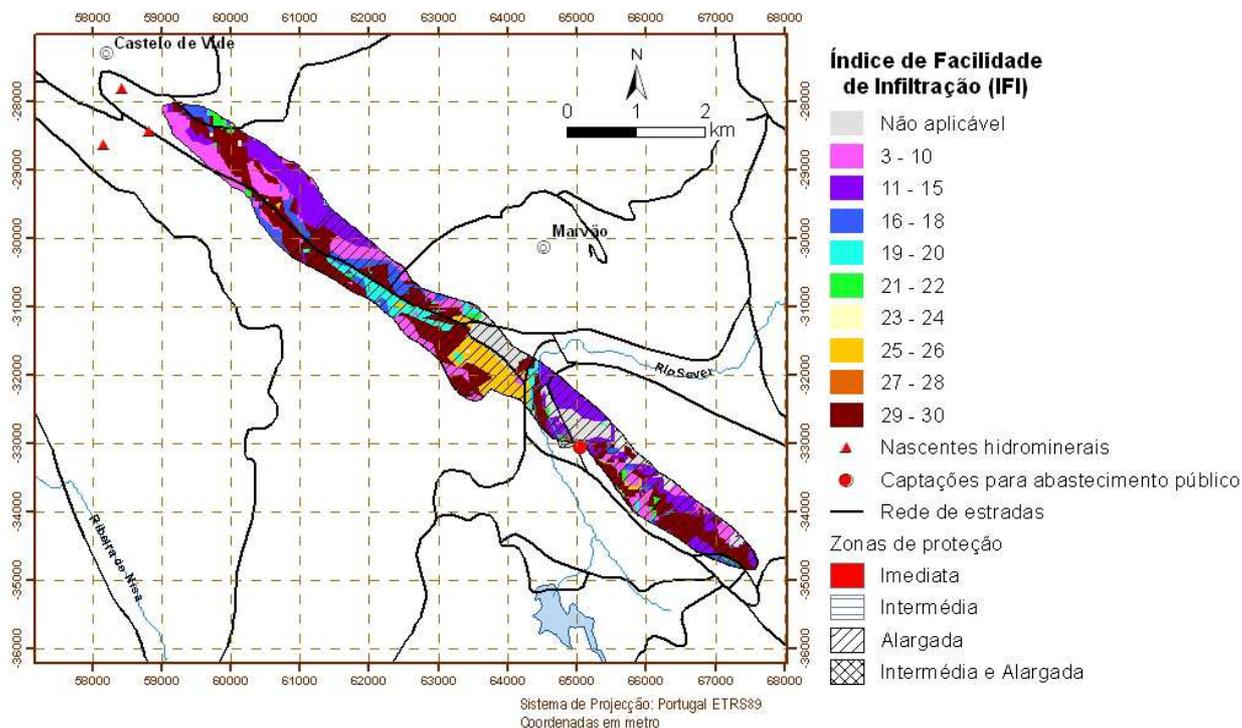
Além da avaliação do risco de poluição acidental ligado a infraestruturas fixas, o risco de poluição acidental durante o transporte de substâncias potencialmente perigosas foi avaliado para a componente componente de águas subterrâneas. As estradas são os

locais onde existe maior risco de ocorrência de acidentes de poluição durante o transporte, tendo este risco de poluição acidental sido avaliado segundo a metodologia de Leitão *et al.* (2005). Nesta metodologia definem-se como zonas hídricas sensíveis aos poluentes rodoviários, áreas a proteger e para onde não se devem fazer descargas diretas de águas de escorrência de estradas (e, portanto, também muito sensíveis a derrames acidentais de quaisquer substâncias estranhas à atividade rodoviária), devendo aí implementar-se sistemas de tratamento adequados, promovendo a diminuição da poluição proveniente das estradas para níveis aceitáveis, antes da descarga.



**Figura 3.4 – Mapa da classificação do território do plano, de acordo com o grau de risco de poluição acidental**

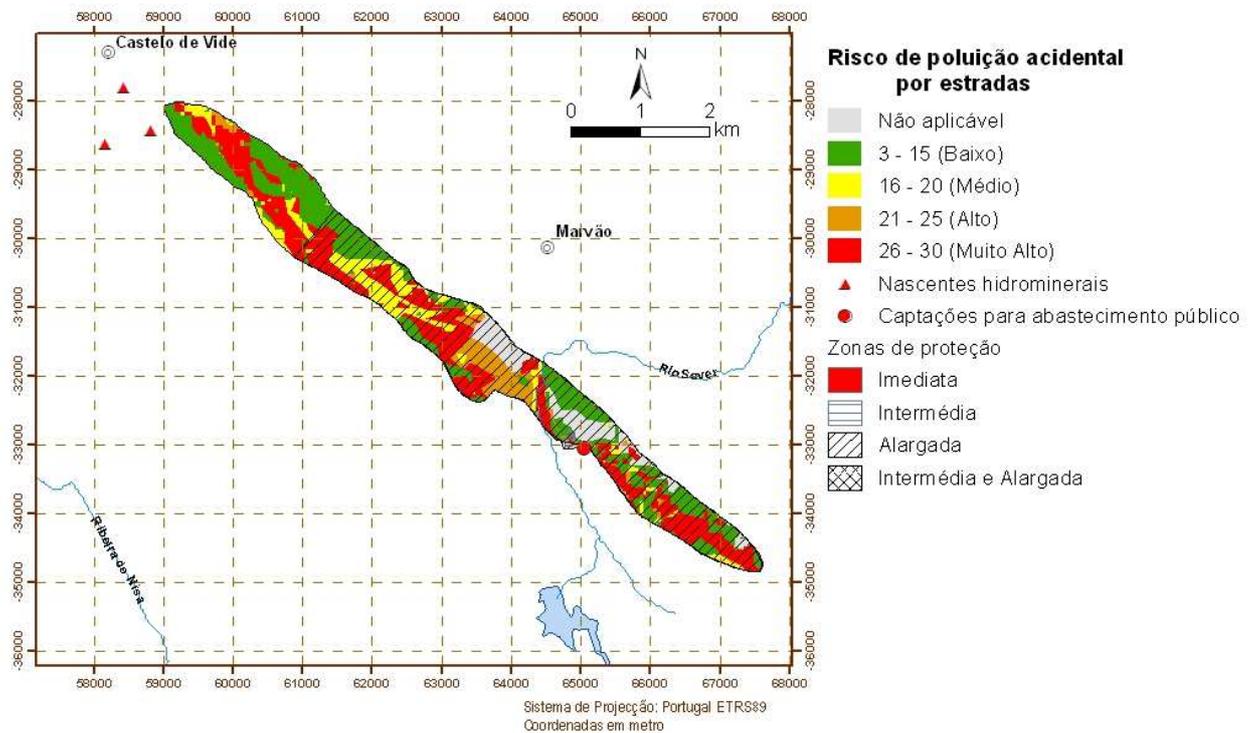
São zonas em risco os meios cársicos, as **áreas de infiltração máxima** e as zonas com o **nível piezométrico temporariamente muito próximo da superfície**. Devem ainda considerar-se para a definição de zonas em risco, os condicionamentos legais relativos à proteção dos usos de águas subterrâneas. As **zonas de proteção intermédia** de recursos hidrominerais (águas minerais naturais ou águas minero-industriais) são zonas sensíveis. A avaliação do risco de poluição accidental das áreas de infiltração máxima fez-se com base no índice IFI, desenvolvido por Oliveira e Lobo Ferreira (2002a e b) cuja metodologia de aplicação à bacia hidrográfica do Tejo foi descrita no relatório LNEC 289/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011). A Figura 3.5 apresenta o mapeamento IFI, a que se sobrepôs a rede de estradas, zonas de proteção de captações e nascentes hidrominerais.



**Figura 3.5 – Mapa IFI do risco de poluição accidental associado a estradas**

A Figura 3.6, que apresenta o eixo das estradas e uma zona adjacente de 1 km, classifica o risco de poluição accidental proveniente de estradas, para as águas subterrâneas. Podem ser classificadas como “zonas em risco” as zonas de classes Alto e Muito Alto. As classes de risco consideradas (resultantes da divisão da escala do índice  $I_{FI}$ ) são as seguintes:

- 3 a 15 – Baixo
- 16 a 20 – Medio
- 21 a 25 – Alto
- 26 a 30 – Muito Alto



**Figura 3.6 – Mapa da classificação do risco de poluição acidental associado a estradas**

### 3.4 PRESSÕES NATURAIS E INCIDÊNCIAS ANTROPOGÉNICAS SIGNIFICATIVAS

#### 3.4.1 Nota introdutória

As pressões levantadas (conforme ao Anexo III, Especificações Técnicas do Lote 2; cf. relatório LNEC 289/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011) para as metodologias de identificação, caracterização e quantificação) foram as seguintes:

- Qualitativas: tóxicas e difusas;
- Quantitativas: captações de água.

### **3.4.2 Poluição tóxica (impactes associados a casos significativos, existentes e previstos)**

#### **3.4.2.1 Componente urbana**

O levantamento dos TURH de fossas sépticas e ETAR compactas com descarga no solo não assinalou quaisquer unidades na massa de águas subterrâneas (Quadro 3.11). Considerando a ausência de fossas sépticas e ETAR compactas com descarga no solo (segundo o levantamento dos TURH) não foi calculada qualquer carga poluente devida a tais fontes.

**Quadro 3.11 – Distribuição das fossas sépticas e ETAR compactas com descarga no solo**

| Massa de águas subterrâneas | Nº Total de instalações | População servida (hab.) |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| A2 – Escusa                 | 0                       | 0                        |

#### **3.4.2.2 Instalações PCIP**

##### **Indústria Transformadora**

Não são referenciadas para a massa de água quaisquer indústrias transformadoras que contribuam com Substâncias Prioritárias e Outros Poluentes potencialmente capazes de contaminar as massas de águas subterrâneas em resultado de acidentes e/ou deposição ilegal.

##### **Aterros sanitários e lixeiras encerradas**

Na massa de água não estão assinalados aterros sanitários ou lixeiras encerradas. Considerando a ausência em inventário deste tipo de focos de poluição na massa de águas subterrâneas não foi calculada qualquer carga poluente devida a tais fontes.

##### **Indústria extrativa**

De acordo com os dados fornecidos pela DGEG, Direção Geral de Energia e Geologia e pelo LNEG, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, na massa de águas subterrâneas não se encontram concessões mineiras ativas. Também não estão inventariadas quaisquer pedreiras ativas. Considerando a ausência de concessões mineiras e pedreiras ativas ou inativas, não se consideraram cargas poluentes associadas a estas atividades.

### **3.4.3 Poluição difusa (impactes associados a casos significativos, existentes e previstos)**

#### **3.4.3.1 Adeagas, Laticínios, Matadouros, Aviculturas e Suiniculturas**

De acordo com o levantamento efetuado para o Plano de Gestão de Bacia Hidrográfica, não existem unidades com descarga de efluentes no solo. Na ausência de unidades com descarga de efluentes no solo, não foi calculada qualquer carga poluente devida a tais fontes.

#### **3.4.3.2 Lagares**

De acordo com o levantamento acima referido, existem os seguintes lagares com descarga de efluentes para o solo (Quadro 3.12).

**Quadro 3.12 – Distribuição dos Lagares com descarga no solo**

| Massa de Águas Subterrâneas | Lagares (nº) | Com dados de Autocontrolo (nº) | Área de espalhamento (ha) |
|-----------------------------|--------------|--------------------------------|---------------------------|
| A2 – Escusa                 | 5            | 0                              | 22                        |

No Quadro 3.13 apresentam-se as cargas poluentes geradas pelos lagares.

**Quadro 3.13 – Cargas geradas pelos Lagares com descarga no solo**

| Massa de águas subterrâneas | Caudal de descarga (m³/campanha) | CQO (t/campanha) | CBO (t/campanha) | N (t/campanha) | P (t/campanha) |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| A2 – Escusa                 | 1 830                            | 299,5            | 129,3            | 2,3            | 0,7            |

#### **3.4.3.3 Boviniculturas**

O Quadro 3.14 apresenta o n.º de boviniculturas na massa de águas subterrâneas, identificadas em conformidade com o levantamento acima referido.

**Quadro 3.14 – Distribuição das boviniculturas com espalhamento de efluentes no solo**

| Massa de águas subterrâneas | Boviniculturas | CN   | Efetivos | Área de espalhamento (ha) |
|-----------------------------|----------------|------|----------|---------------------------|
| A2 – Escusa                 | 1              | 54,0 | 90       | 96,7                      |

O Quadro 3.15 apresenta as cargas estimadas de Azoto e Fósforo geradas por esta atividade pecuária que realize espalhamento de estrumes no solo e sua distribuição na massa de águas subterrâneas. Foi ainda estimado o Azoto lixiviado, admitindo uma rotação de 3 anos na área de espalhamento de estrumes e uma perda de 5 kg/ha na área resultante. A utilização de Cobre e Zinco nesta atividade pode levar à eventual contaminação das águas subterrâneas mas, não existindo coeficientes credíveis, apenas se assinalam nas Substâncias Prioritárias e outros poluentes.

**Quadro 3.15 – Cargas geradas pelas das boviniculturas com espalhamento de efluentes no solo**

| Massa de águas subterrâneas | N total (t/ano) | P total (t/ano) | N lixiviado (t/ano) |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| A2 – Escusa                 | 6,4             | 2,6             | 0,5                 |

#### 3.4.3.4 Agricultura

O Quadro 3.16 apresenta as áreas das culturas agrícolas anuais, permanentes e heterogêneas para a massa de águas subterrâneas, de acordo com o Corine Land Cover 2006 (CLC2006). No Quadro 3.17 apresentam-se as cargas estimadas para as atividades agrícolas consideradas.

**Quadro 3.16 – Distribuição das áreas agrícolas de acordo com o CLC'2006**

| Massa de águas subterrâneas | Área Agrícola (ha) |             |              |
|-----------------------------|--------------------|-------------|--------------|
|                             | Anuais             | Permanentes | Heterogêneas |
| A2 – Escusa                 | 22                 | 287         | 218          |

**Quadro 3.17 – Poluição difusa: cargas originada pelas culturas agrícolas na massa de águas subterrâneas**

| Massa de águas subterrâneas | N (t/ano) | P (t/ano) |
|-----------------------------|-----------|-----------|
| A2 – Escusa                 | 1,7       | 0,3       |

No que se refere a Substâncias Prioritárias e outros poluentes, à partida, podem surgir as seguintes em consequência da atividade agrícola:

- Alacloro
- Atrazina
- Aldrina
- Dieldrina
- Endrina
- DDT
- Hexaclorobezeno
- Diurão
- Clorpirifos

#### 3.4.3.5 Campos de Golfe

De acordo com o inventário realizado, existe apenas o campo de golfe de Marvão, dado como encerrado (Quadro 3.18). Há intenção de construir mais 1 campo no concelho de Fronteira. Estando o único campo de golfe registado dado como encerrado e, com base na informação dos inquéritos realizados, não se pôde calcular qualquer carga poluente.

**Quadro 3.18 – Distribuição dos campos de golfe existentes e previstos de acordo com os dados da F.P.G.**

| Massa de águas subterrâneas | Campos de golfe |           | Área (ha) |           |          |
|-----------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                             | Existentes      | Previstos | Previstos | Existente | Prevista |
| A2 – Escusa (*)             | 1               | 1         | 0         | n.d.      | n.d.     |

(\*) O campo de golfe de Marvão encontrava-se encerrado à época do inquérito

### 3.4.4 Resultados globais

No Quadro 3.19 apresentam-se os valores globais obtidos para as cargas de Azoto geradas pelas diferentes atividades analisadas e respetivas percentagens, agrupadas por setores: pecuária, agro-indústria e agricultura. As Substâncias Prioritárias e outros poluentes, associadas às diferentes atividades económicas, que poderão vir a contaminar as águas subterrâneas em consequência de acidentes e/ou deposição ilegal, são assinalados no Quadro 3.20.

**Quadro 3.19 – Poluição difusa: cargas de Azoto originadas pelos setores da pecuária, agro-indústria e agricultura**

| Massa de águas subterrâneas | Pecuária  |       | Agro-Indústria |       | Agricultura |       | Totais    |
|-----------------------------|-----------|-------|----------------|-------|-------------|-------|-----------|
|                             | N (t/ano) | %     | N (t/ano)      | %     | N (t/ano)   | %     | N (t/ano) |
| A2 – Escusa                 | 0,5       | 10,8% | 2,3            | 50,6% | 1,7         | 38,7% | 4,5       |

**Quadro 3.20 – Poluição tóxica e difusa: substâncias prioritárias e outros poluentes associadas às atividades económicas**

| Massa de águas subterrâneas | Indústria Transformadora | Aterros sanitários e Lixeiras encerradas | Indústria extrativa | Passivos Ambientais | Golfes e Agricultura | Pecuária      |
|-----------------------------|--------------------------|--|---------------------|---------------------|----------------------|---------------|
| A2 – Escusa                 | -                        | -  | -                   | -                   | -                    | Cobre e Zinco |

### 3.4.5 Captações de água subterrânea

O Quadro 3.21 apresenta o n.º de captações de águas subterrâneas, distribuição por volumes e finalidade.

**Quadro 3.21 – Captações de água por finalidade**

| Massa de águas subterrâneas | Abastecimento |     | Agricultura |     | Pecuária |     | Indústria |     | Turismo |     | Outras  |     | Total   |     |
|-----------------------------|---------------|-----|-------------|-----|----------|-----|-----------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
|                             | hm³/ano       | N.º | hm³/ano     | N.º | hm³/ano  | N.º | hm³/ano   | N.º | hm³/ano | N.º | hm³/ano | N.º | hm³/ano | N.º |
| A2 – Escusa                 | 1,1           | 1   | 0,04        | 3   | 0,0      | 0   | 0,0       | 0   | 0,0     | 0   | 0,0     | 0   | 1       | 5   |

### 3.4.6 Situações existentes ou previstas que podem comprometer os objetivos ambientais

Tendo em conta a análise das fontes de poluição tóxica e difusa atrás apresentada e os resultados da avaliação do estado químico das massas de água subterrâneas, não

foram referenciadas situações que possam pôr em causa o cumprimento dos objetivos ambientais (Quadro 3.22).

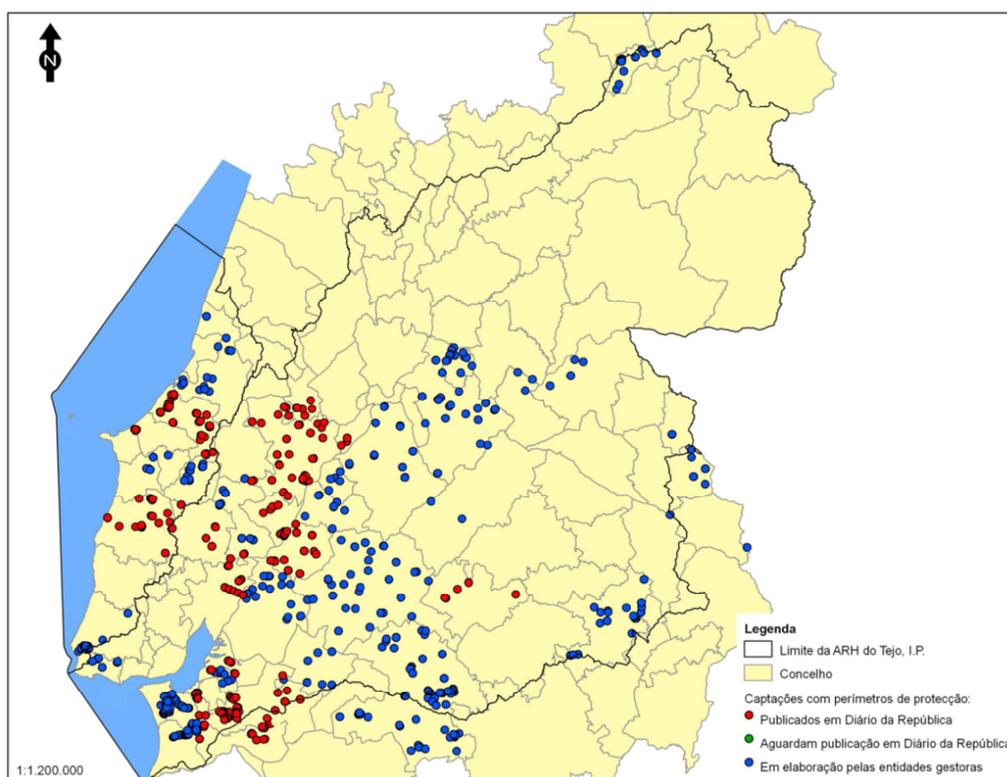
**Quadro 3.22 – Estado químico da massa de águas subterrâneas e fontes de poluição tóxica e difusa**

| Massa de águas subterrâneas | Cumprido o critério do limiar ou NQA? | Resultado do teste | Fontes de poluição relacionados |
|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| A2 – Escusa                 | Sim                                   | ● <b>Bom</b>       | -                               |

### 3.5 ZONAS PROTEGIDAS E ÁREAS CLASSIFICADAS

#### 3.5.1 Zonas designadas para a captação de água destinada ao consumo humano

Na Figura 3.7 apresentam-se os perímetros de proteção na área do PGRH Tejo, não sendo assinalados quaisquer perímetros na massa de águas subterrâneas de Escusa.



Fonte: <http://www.arhtejo.pt/web/guest/perimetros-de-proteccao1>, consultado em Julho de 2011

**Figura 3.7 – Situação relativa a perímetros de protecção na área do PGRH Tejo**

#### 3.5.2 Zonas vulneráveis

Esta massa de águas subterrâneas não está definida como zona vulnerável.

### 3.5.3 Zonas de máxima infiltração

No Quadro 3.23 apresentam-se os municípios com delimitação de REN municipal aprovada e os respetivos atos administrativos que as publicaram, diferenciando a publicação da primeira delimitação das alterações subsequentes.

**Quadro 3.23 – Municípios e actos administrativos que aprovam as respectivas delimitações de REN municipais**

| Municípios      | CCDR     | Primeira publicação              | Alterações |
|-----------------|----------|----------------------------------|------------|
| Castelo de Vide | Alentejo | RCM n.º 170/96, de 15 de Outubro |            |
| Marvão          | Alentejo | RCM n.º 19/97, de 8 de Fevereiro |            |

## 4. REDE DE MONITORIZAÇÃO

### 4.1 ESTADO QUANTITATIVO, AVALIAÇÃO DA REPRESENTATIVIDADE, ADEQUABILIDADE E OTIMIZAÇÃO

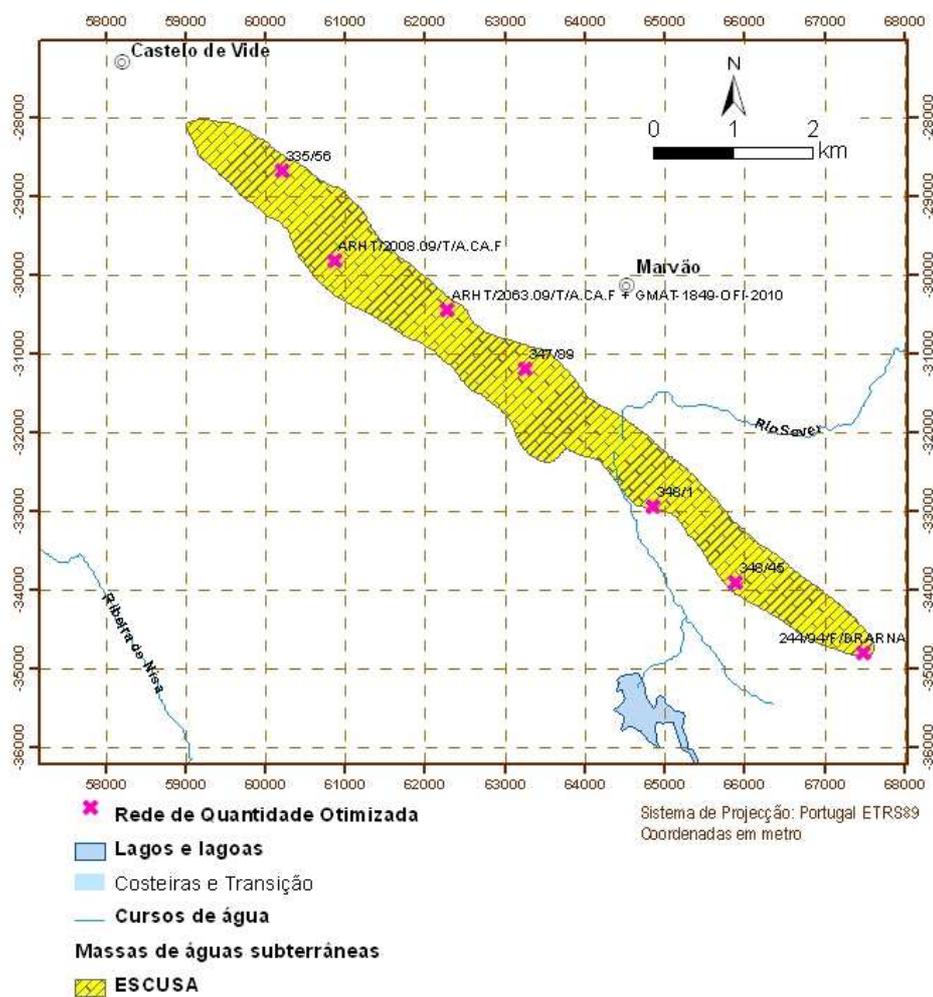
A atual rede de quantidade (vigilância e operacional) apresenta valores de IR (Índice de Representatividade) abaixo do recomendável (80%; cf. Quadro 4.1). O Quadro 4.2 apresenta o número de pontos e os índices de representatividade para cada massa de águas subterrâneas. A Figura 4.1 apresenta a rede otimizada de monitorização de vigilância da quantidade das águas subterrâneas.

**Quadro 4.1 – Índice de representatividade para a rede piezométrica**

| Massa de águas subterrâneas | Área (km <sup>2</sup> ) | Tamanho da Célula | Rede Piezométrica |                                  |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|
|                             |                         |                   | N.º de Estações   | Índice de Representatividade (%) |
| A2 – Escusa                 | 7,70                    | 50X50             | 4                 | 59,6                             |

**Quadro 4.2 – Número de pontos da rede de piezometria otimizada e índices de representatividade respectivos**

| Massa de águas subterrâneas | Área (km <sup>2</sup> ) | Tamanho da Célula | N.º de Estações | Índice de Representatividade (%) |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|
| A2 – Escusa                 | 7,70                    | 50X50             | 7               | 73,5                             |



**Figura 4.1 – Rede monitorização de quantidade após optimização da massa de águas subterrâneas de Escusa**

#### **4.2 REDE DE VIGILÂNCIA, AVALIAÇÃO DA REPRESENTATIVIDADE, ADEQUABILIDADE E OTIMIZAÇÃO**

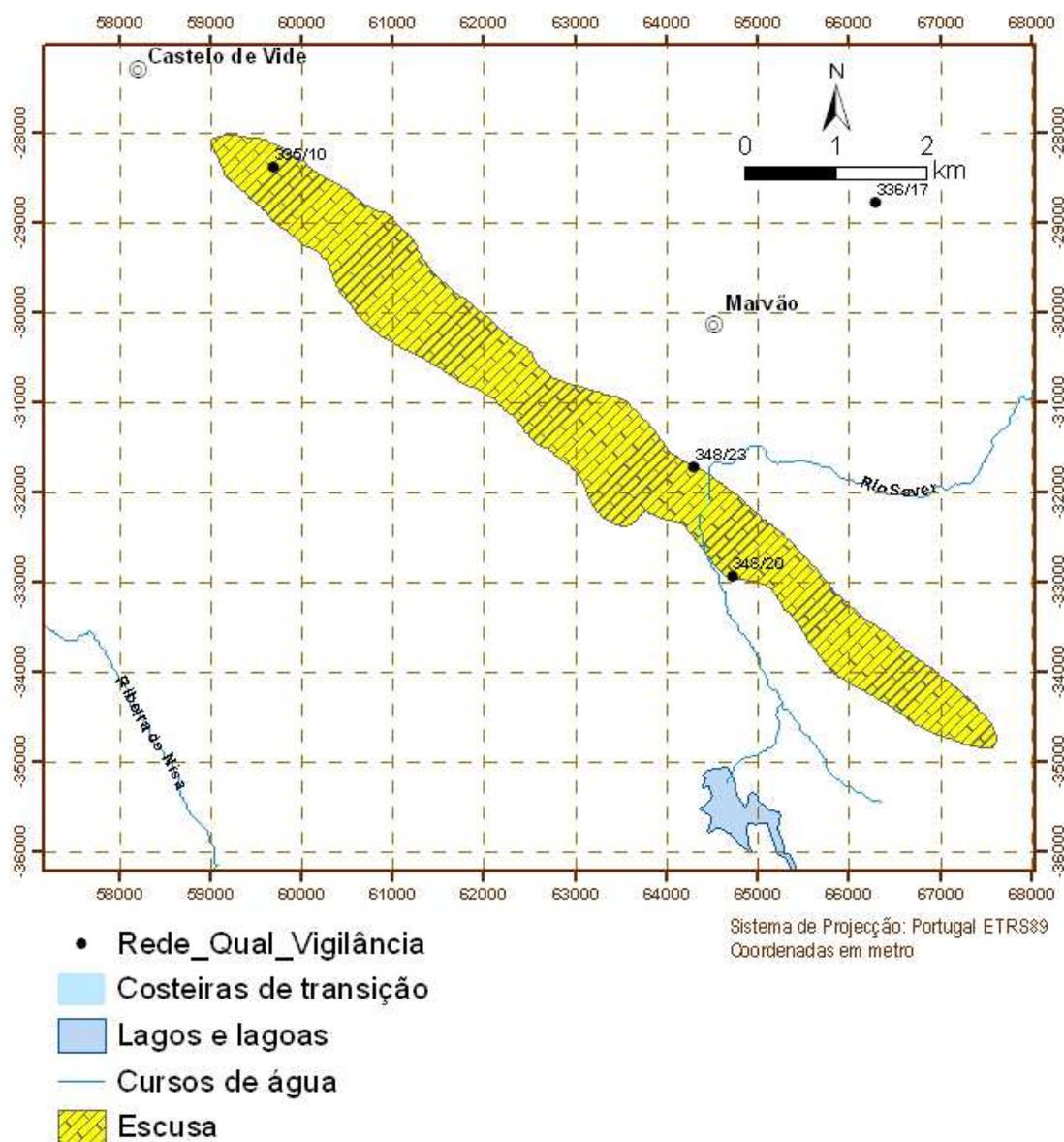
Os pontos da rede são apresentados na Figura 4.2. A rede de qualidade (vigilância e operacional) apresenta valores de IR (Índice de Representatividade) abaixo do recomendável (80%; cf. Quadro 4.3). O Quadro 4.4 apresenta o número de pontos e os índices de representatividade para a rede optimizada da massa de águas subterrâneas. A Figura 4.3 apresenta a rede de monitorização de vigilância da qualidade das águas subterrâneas optimizada.

**Quadro 4.3 – Índice de representatividade para a rede de qualidade**

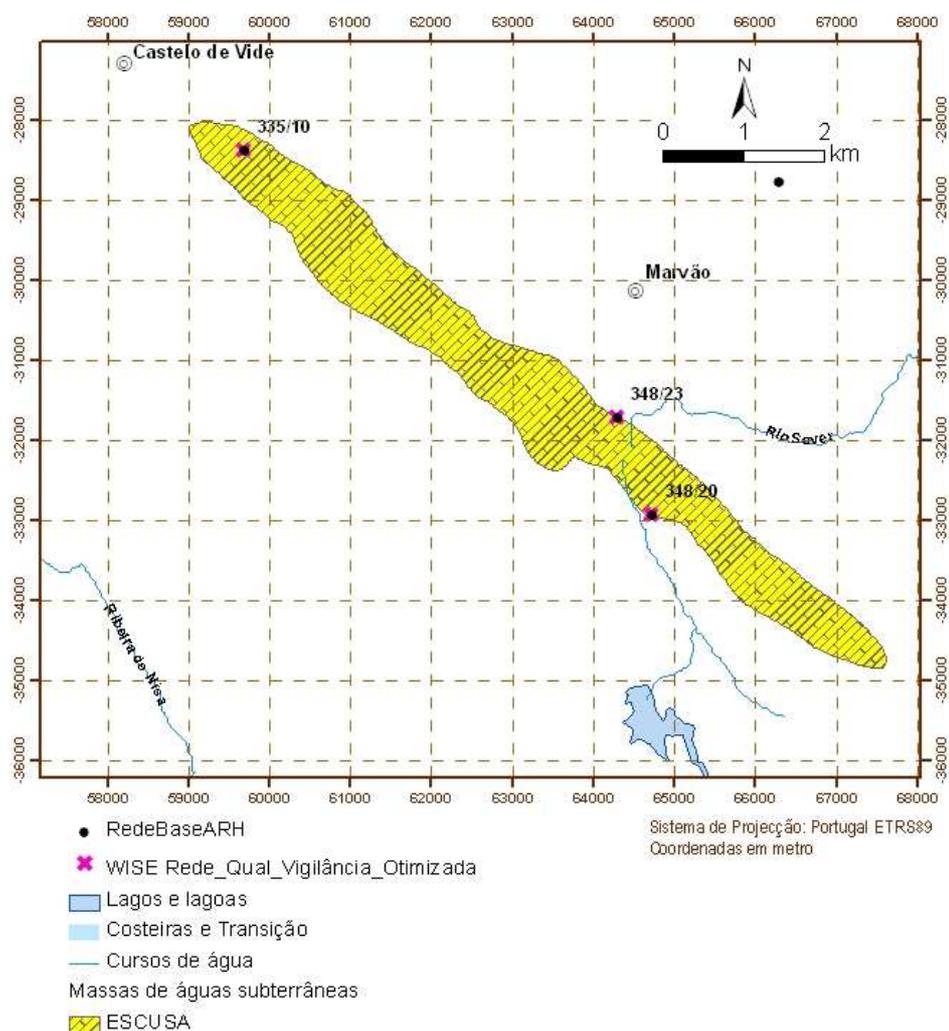
| Massa de águas subterrâneas | Área (km <sup>2</sup> ) | Tamanho da Célula | Rede Operacional |                                  | Rede de Vigilância |                                  |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|
|                             |                         |                   | N.º de Estações  | Índice de Representatividade (%) | N.º de Estações    | Índice de Representatividade (%) |
| A2 – Escusa                 | 7,70                    | 50X50             | -                | -                                | 3                  | 43,5                             |

**Quadro 4.4 – Número de pontos da rede de vigilância da qualidade otimizada e índices de representatividade**

| Massa de Água | N.º de pontos | Índice de Representatividade (%) |
|---------------|---------------|----------------------------------|
| A2 – Escusa   | 3             | 43,5                             |



**Figura 4.2 – Pontos de monitorização da rede de qualidade da massa de águas subterrâneas de Escusa**



**Figura 4.3 – Rede monitorização de vigilância da qualidade de águas subterrâneas após otimização da massa de águas subterrâneas de Escusa**

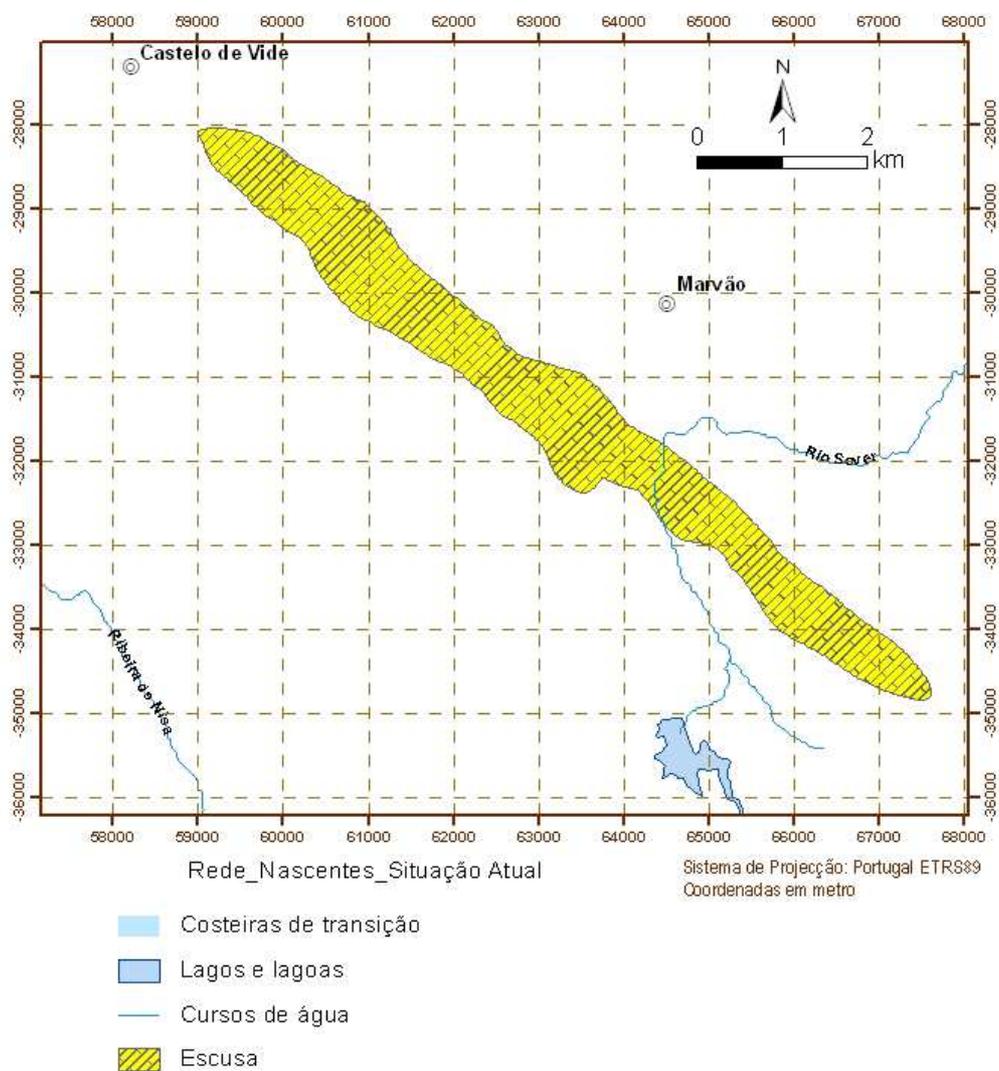
#### 4.3 REDE DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS, AVALIAÇÃO DA REPRESENTATIVIDADE, ADEQUABILIDADE E OTIMIZAÇÃO

Até Janeiro de 2011 a massa de água não estava incluída na rede de substâncias perigosas.

#### 4.4 REDE DE NASCENTES, AVALIAÇÃO DA REPRESENTATIVIDADE, ADEQUABILIDADE E OTIMIZAÇÃO

A atual rede de monitorização das nascentes não inclui qualquer ponto na massa de águas subterrâneas de Escusa (Figura 4.4). Sendo esta cobertura francamente insuficiente, é proposta uma rede de 3 pontos de monitorização, conforme mostra a

Figura 4.5. Os critérios para a escolha dos novos locais foram exclusivamente de carácter hidrogeológico.



**Figura 4.4 – Pontos de monitorização da actual rede de nascentes**

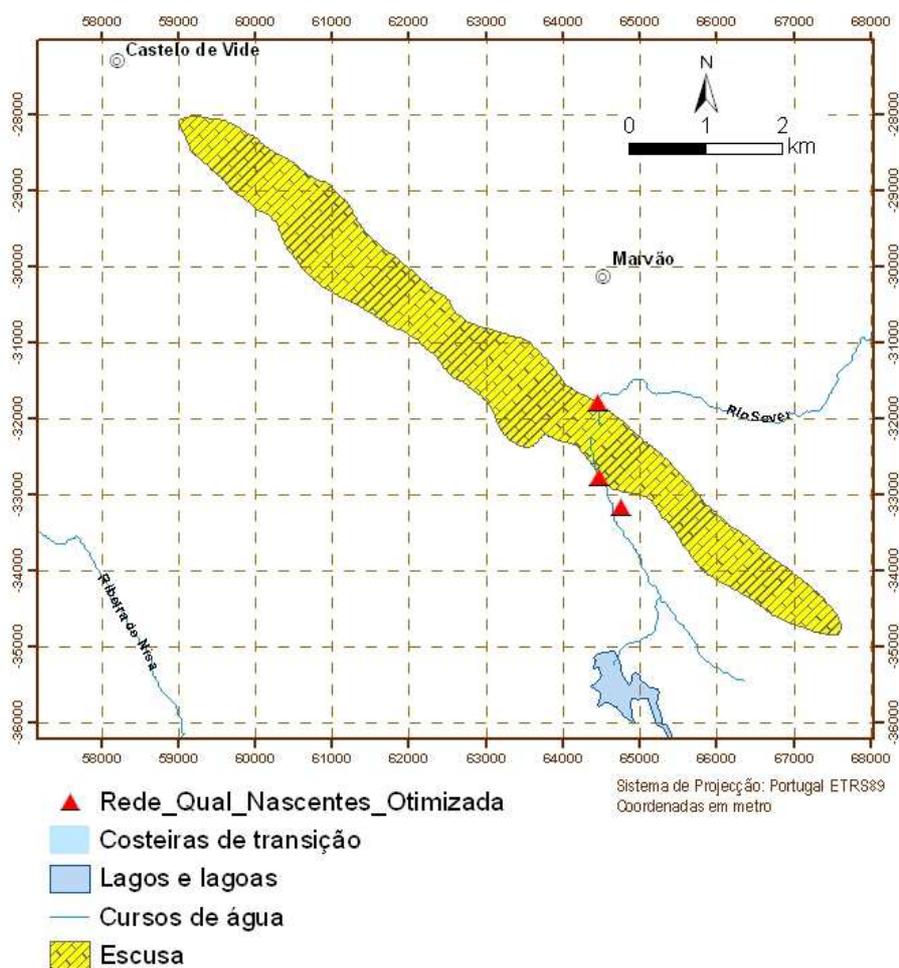


Figura 4.5 – Pontos de monitorização da rede de nascentes após optimização

## 4.5 ZONAS PROTEGIDAS

### 4.5.1 Zonas designadas para a captação de água destinada ao consumo humano

Não se encontra justificação neste momento para alterar este controlo.

### 4.5.2 Zonas Vulneráveis e de Infiltração Máxima

Não estão definidas na legislação zonas vulneráveis na área da massa de água nem redes de monitorização para zonas de infiltração máxima. A rede de monitorização para avaliação de nitratos é apresentada na Figura 4.6, não se encontrando justificação neste momento para alterar este controlo. Não estão definidas redes para as zonas de infiltração máxima na área do PGRH do Tejo.

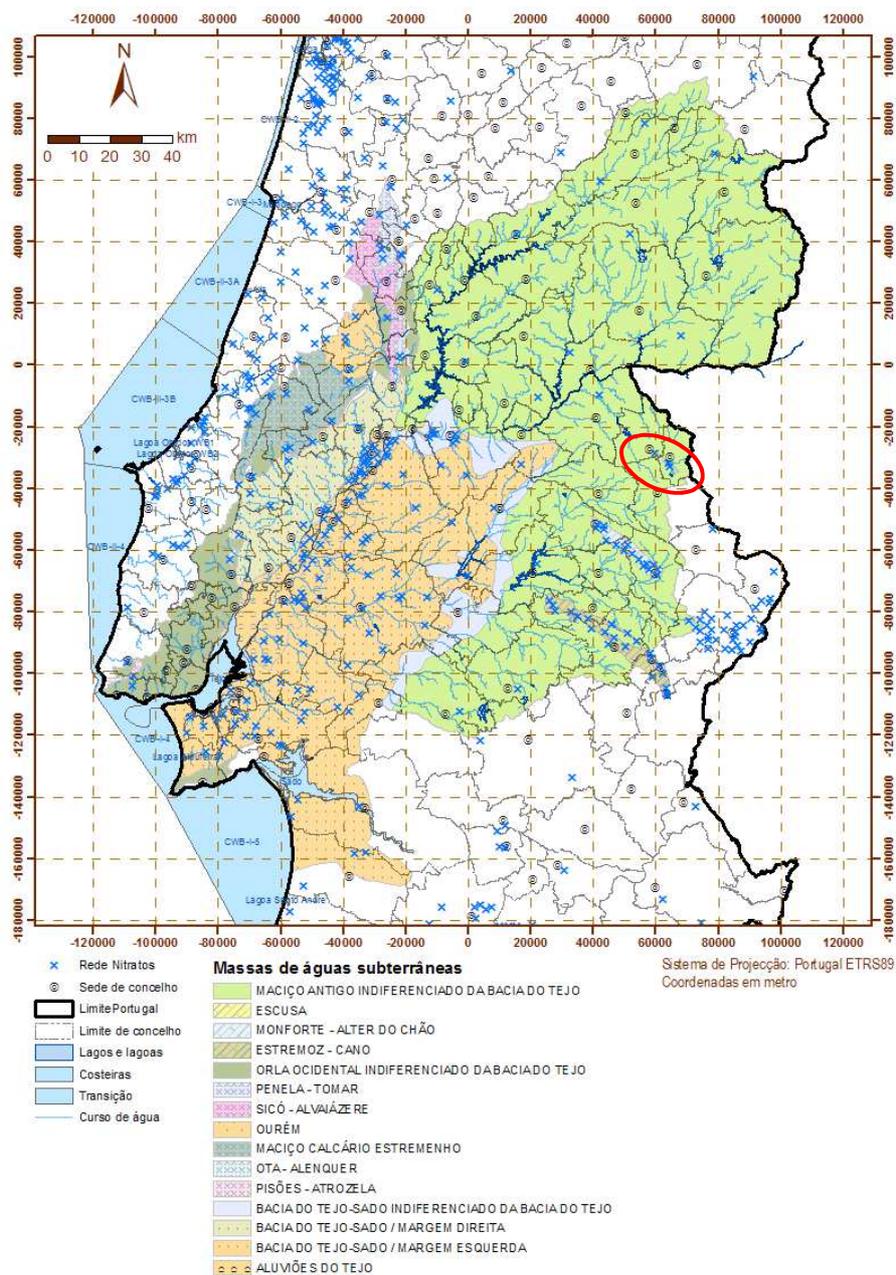


Figura 4.6 – Pontos de monitorização da rede nacional de nitratos

## 5. AVALIAÇÃO DO ESTADO DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 5.1 ESTADO QUANTITATIVO

O Quadro 5.1 apresenta a definição do Bom estado quantitativo das águas subterrâneas, segundo a DQA e o Decreto-Lei n.º 77/2006.

**Quadro 5.1 – Definição do estado quantitativo (Decreto-Lei n.º 77/2006, Anexo V, n.º II, ou DQA, Anexo V, n.º 2)**

| Elementos      | Bom estado   |
|----------------|--|
| Nível freático | <p>O nível da água na massa de águas subterrâneas é tal que os recursos hídricos subterrâneos disponíveis não são ultrapassados pela taxa média anual de captação a longo prazo.</p> <p>Assim, os níveis freáticos não estão sujeitos a alterações antropogénicas que possam:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• impedir que sejam alcançados os objetivos ambientais especificados nos termos dos artigos 44.º e 46.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro (ou do art.º 4.º da DQA), para as águas superficiais que lhe estão associadas;</li> <li>• deteriorar significativamente o estado dessas águas;</li> <li>• provocar danos significativos nos ecossistemas terrestres diretamente dependentes do aquífero.</li> </ul> <p>Podem ocorrer temporariamente, ou continuamente em áreas limitadas, alterações na direção do escoamento subterrâneo em consequência de variações de nível, desde que essas alterações não provoquem intrusões de água salgada, ou outras, e não indicam uma tendência antropogenicamente induzida, constante e claramente identificada, suscetível de conduzir a tais intrusões.</p> |

As análises de tendências dos níveis piezométricos e do balanço hídrico foram realizadas na secção 2.3, sendo que as séries temporais de piezometria utilizadas para a análise de tendências não permitem suficiente confiança para a conclusão sobre tendências de descida dos níveis piezométricos. Não foram portanto consideradas suficientes para definir com exatidão o estado da massa de águas subterrâneas, pelo que se aplicaram os restantes testes. A Figura 5.1 representa o resultado da avaliação das tendências de evolução dos níveis piezométricos máximos anuais.

Quanto aos ecossistemas verifica-se que os elementos hidromorfológicos da única massa de águas superficiais associada a esta massa de águas subterrâneas, rio Sever (PT05TEJ0918N), não foram classificados quanto ao índice HQA, devido a limitações estatísticas, pelo que não foi possível realizar o teste do escoamento superficial. Não foram identificados ecossistemas terrestres dependentes de águas subterrâneas na área de ocorrência desta massa de águas subterrâneas. Deste modo, a ausência de informação acerca do estado das massas de águas superficiais associadas ou dos ecossistemas terrestres dependentes não permite avaliar o estado das massas de águas subterrâneas.

A taxa de exploração calculada para a massa de água é de 33,6%, de acordo com os resultados do balanço por massa de águas subterrâneas (Quadro 5.2). De acordo com este balanço, e mesmo que os valores apresentados encerrem alguma incerteza na sua determinação, considera-se que a diferença apresentada entre a recarga e as extrações é suficientemente grande para o balanço poder ser considerado como

excedentário, pelo que se opta por se classificar o **estado quantitativo** da massa de águas subterrâneas como “**Bom**” (Figura 5.5).

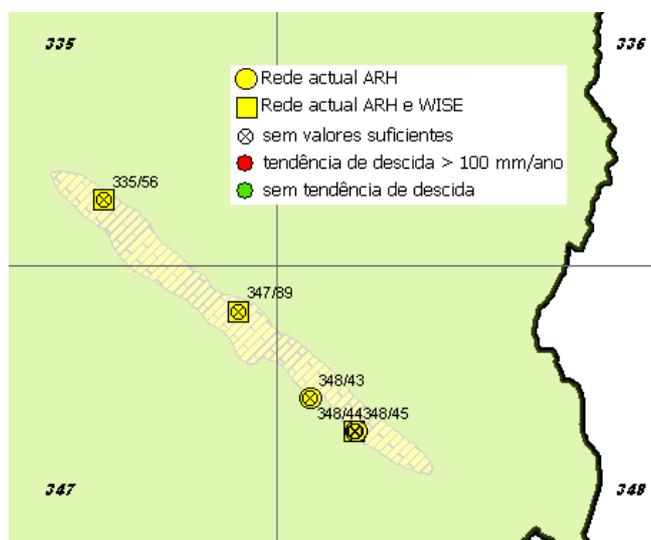


Figura 5.1 – Evolução dos níveis piezométricos na massa de águas subterrâneas de Escusa

Quadro 5.2 – Resultados do balanço hídrico

| Massas de águas subterrâneas | Recarga BALSEQ     |                         |         | Recarga ARH-Tejo |                         | Necessidades estimadas (hm <sup>3</sup> /ano) (5) | Consumos inventariados (hm <sup>3</sup> /ano) (5) | Taxa de exploração % (6) |
|------------------------------|--------------------|-------------------------|---------|------------------|-------------------------|---|---|--------------------------|
|                              | (mm/ ano)          | (hm <sup>3</sup> / ano) | % Prec. | % Prec.          | (hm <sup>3</sup> / ano) |   |   |                          |
| A2 – Escusa                  | 621 <sup>(1)</sup> | 4,79 <sup>(1)</sup>     | 62      | 53               | 3,18                    | 0,07  | 1,1   | 33,6                     |

(1) O volume de recarga apresentado inclui 139 mm/ano ou 1,07 hm<sup>3</sup>/ano de recarga de água proveniente do escoamento direto das áreas de drenagem da massa de águas subterrâneas.

(5) Estes valores são as necessidades totais satisfeitas pelas águas subterrâneas não tendo sido subtraídos os valores que são devolvidos ao meio hídrico subterrâneo pela infiltração das perdas da água de rega.

(6) Para a taxa de exploração foram utilizados os valores mais restritivos de recarga e mais elevados entre as necessidades e os consumos.

## 5.2 ESTADO QUÍMICO

O Quadro 5.3 apresenta a definição do Bom estado químico das águas subterrâneas, segundo o Decreto-Lei n.º 77/2006 e a DQA.

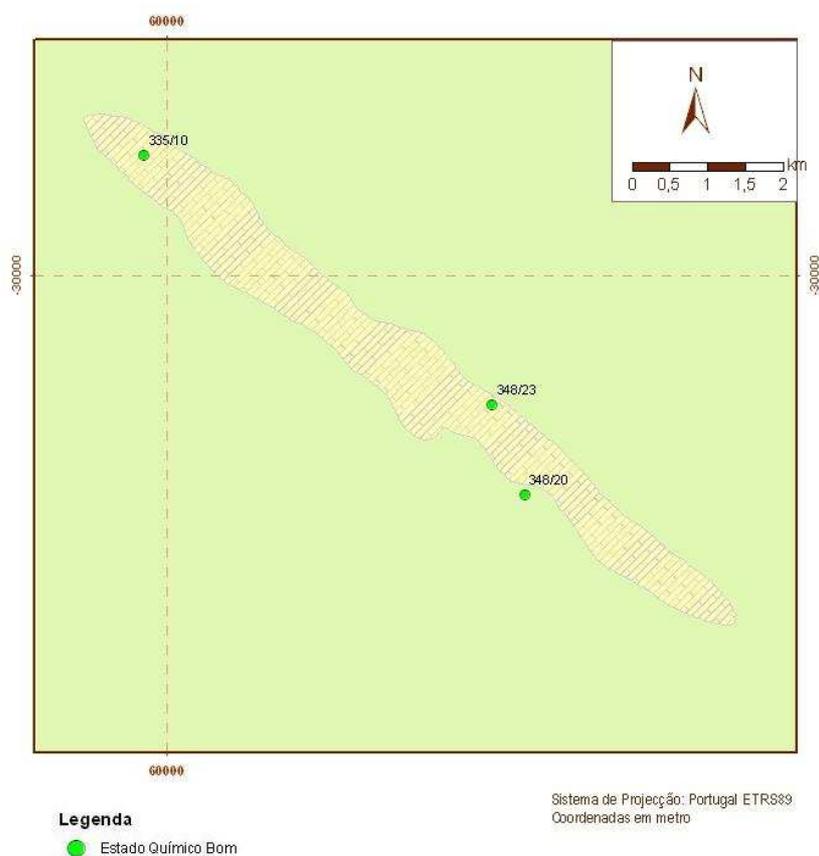
Quadro 5.3 – Definição do bom estado químico das águas subterrâneas (Decreto-Lei n.º 77/2006, Anexo V, n.º II, ou DQA, Anexo V, n.º 2)

| Elementos | Bom estado   |
|-----------|--|
| Geral     | <p>A composição química da massa de águas subterrâneas é tal que as concentrações de poluentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>conforme especificado adiante, não apresentam os efeitos de intrusões salinas ou outras;</li> <li>Não ultrapassam as normas de qualidade aplicáveis nos termos de outros instrumentos jurídicos comunitários relevantes de acordo com o artigo 17.º da Diretiva Quadro da Água;</li> <li>Não são de molde a impedir que sejam alcançados os objetivos ambientais especificados nos termos dos artigos 46.º e 48.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, para as águas superficiais associadas, nem a reduzir significativamente a qualidade química ou ecológica dessas massas, nem a provocar danos significativos nos ecossistemas terrestres diretamente</li> </ul> |

|               |   |
|---------------|---|
|               | dependentes da massa de águas subterrâneas.<br>Podem ocorrer temporariamente, ou continuamente em áreas limitadas, alterações na direção do escoamento subterrâneo em consequência de variações de nível, desde que essas alterações não provoquem intrusões de água salgada, ou outras, e não indicam uma tendência antropogenicamente induzida, constante e claramente identificada, suscetível de conduzir a tais intrusões. |
| Condutividade | As modificações da condutividade não revelam a ocorrência de intrusões salinas ou outras na massa de águas subterrâneas.  |

A Figura 5.2 apresenta o mapa com a síntese da avaliação do estado químico da massa de águas subterrâneas de Escusa, com base no **critério dos limiares ou das NQA**. Em nenhum ponto se excedem as NQA ou os limiares de qualidade das águas subterrâneas, pese embora o facto de não haver resultados nesse período para os metais pesados, TCE, PCE e pesticidas. Nenhum parâmetro evidenciou tendência estatisticamente significativa de subida ou descida. Os resultados globais de qualidade química mostram que em nenhum dos parâmetros analisados houve qualquer análise química acima das NQA ou limiares (cf. Quadro 5.4). Na Figura 4-2 apresentam-se as pressões atualmente existentes sobre a massa de águas subterrâneas.

Constata-se uma evolução positiva na qualidade da água deste sistema quanto à poluição difusa de origem agrícola, uma vez que nos últimos anos as análises de nitratos revelaram baixos teores, contrariamente aos dados anteriores a 2000. Deve referir-se que foram detetadas concentrações elevadas de hidrocarbonetos em análises anteriores a 2000. Uma vez que em nenhum dos pontos de monitorização desta massa de água os valores médios de qualquer parâmetro ultrapassam uma norma de qualidade ou um limiar, esta massa de água foi considerada em estado químico bom. Portanto não foram realizados mais testes. Em síntese, os dados de **qualidade das águas** disponíveis para esta massa de águas subterrâneas permitem avaliá-la em **estado global bom**, embora haja lacunas de informação. O Quadro 5.5 sintetiza a análise realizada.



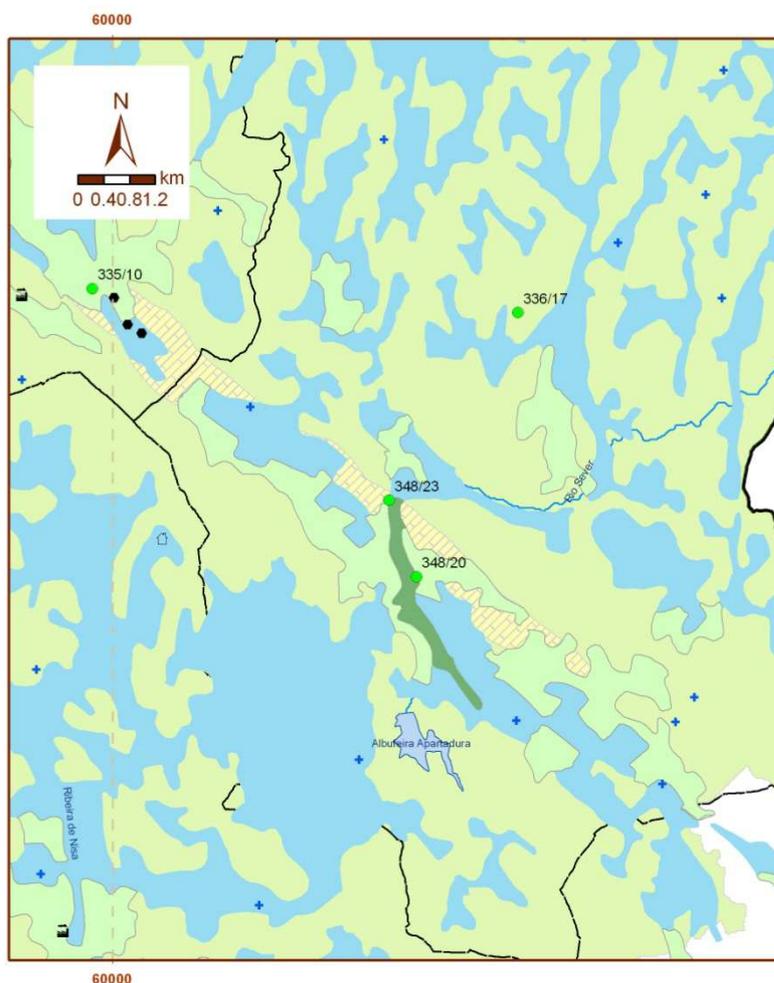
**Figura 5.2 – Mapa do estado químico da massa de águas subterrâneas de Escusa, de acordo com o esquema definido no Anexo VII, 2.5 do DL n.º 77/2006**

**Quadro 5.4 – Síntese da informação utilizada para a avaliação do estado químico**

| Parâmetro         | Unidade                       | n.º análises | Valor  |        |       |         |       | Análises > norma ou limiar* |   |
|-------------------|-------------------------------|--------------|--------|--------|-------|---------|-------|-----------------------------|---|
|                   |                               |              | Mínimo | Máximo | Média | Mediana | CL95  | n.º                         | % |
| CE                | ( $\mu\text{S/cm}$ )          | 27           | 231    | 456,0  | 336,3 | 307,0   | 363,8 | 0                           | 0 |
| pH                |                               | 27           | 7,4    | 8,5    | 7,9   | 7,9     | 8,0   | 0                           | 0 |
| Nitratos          | ( $\text{mgNO}_3/\text{L}$ )  | 27           | 3,8    | 15,0   | 10,6  | 12,0    | 11,8  | 0                           | 0 |
| Azoto amoniacal   | ( $\text{mgNH}_4/\text{L}$ )  | 27           | <0,04  | 0,07   | 0,0   | <0,04   | 0,1   | 0                           | 0 |
| Sulfatos          | ( $\text{mgSO}_4/\text{L}$ )  | 27           | <5     | 10     | 5,8   | 5,3     | 7,8   | 0                           | 0 |
| Cloretos          | ( $\text{mgCl}/\text{L}$ )    | 30           | 6      | 14     | 9,0   | 9,0     | 9,7   | 0                           | 0 |
| Arsénio           | ( $\text{mgAs}/\text{L}$ )    | 0            | -      | -      | -     | -       | -     | -                           | - |
| Chumbo            | ( $\text{mgPb}/\text{L}$ )    | 0            | -      | -      | -     | -       | -     | -                           | - |
| Cádmio            | ( $\text{mgCd}/\text{L}$ )    | 0            | -      | -      | -     | -       | -     | -                           | - |
| Mercúrio          | ( $\text{mgHg}/\text{L}$ )    | 0            | -      | -      | -     | -       | -     | -                           | - |
| Tricloroetileno   | ( $\mu\text{gTCE}/\text{L}$ ) | 0            | -      | -      | -     | -       | -     | -                           | - |
| Tetracloroetileno | ( $\mu\text{gPCE}/\text{L}$ ) | 0            | -      | -      | -     | -       | -     | -                           | - |
| Pesticidas        | ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )    | 0            | -      | -      | -     | -       | -     | -                           | - |

**Quadro 5.5 – Estado Químico da massa de águas subterrâneas e fontes de poluição tópica e difusa com impacte**

| Nome        | Cumprido o critério do limiar ou NQA? | Resultado do teste | Setores relacionados |
|-------------|---------------------------------------|--------------------|----------------------|
| A2 - Escusa | Sim                                   | ● Bom              | -                    |



Sistema de Projecção: Portugal ETRS89  
Coordenadas em metro

**Legenda**

- ▭ Limite de concelho
- Curso de água
- 🏠 Ind\_transformadora Tejo
- 🏠 Fossas\_ETAR Tejo
- + Bovinos Tejo
- Lagares Tejo
- tejo-areas-agricolas-heterogeneas
- tejo-areas-agricolas-permanentes
- tejo-areas-agricolas-anuais
- EQ\_Bom\_Final\_PGRH Tejo
- EQ\_Mediocre\_Final\_PGRH Tejo

**Figura 5.3 – Pressões e estado químico associados à massa de águas subterrâneas de Escusa**

### 5.3 TENDÊNCIAS CRESCENTES SIGNIFICATIVAS E PERSISTENTES NA CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES

A síntese da análise é apresentada no Quadro 5.6. Para os parâmetros mercúrio, tricloroetileno, tetracloroetileno, e pesticidas totais não existe informação em quantidade e frequência suficiente para cumprir os critérios de análise e definir assim tendências. Para os parâmetros de que se dispõe de informação, não se observaram alterações significativas dos teores que indiquem tendência temporal.

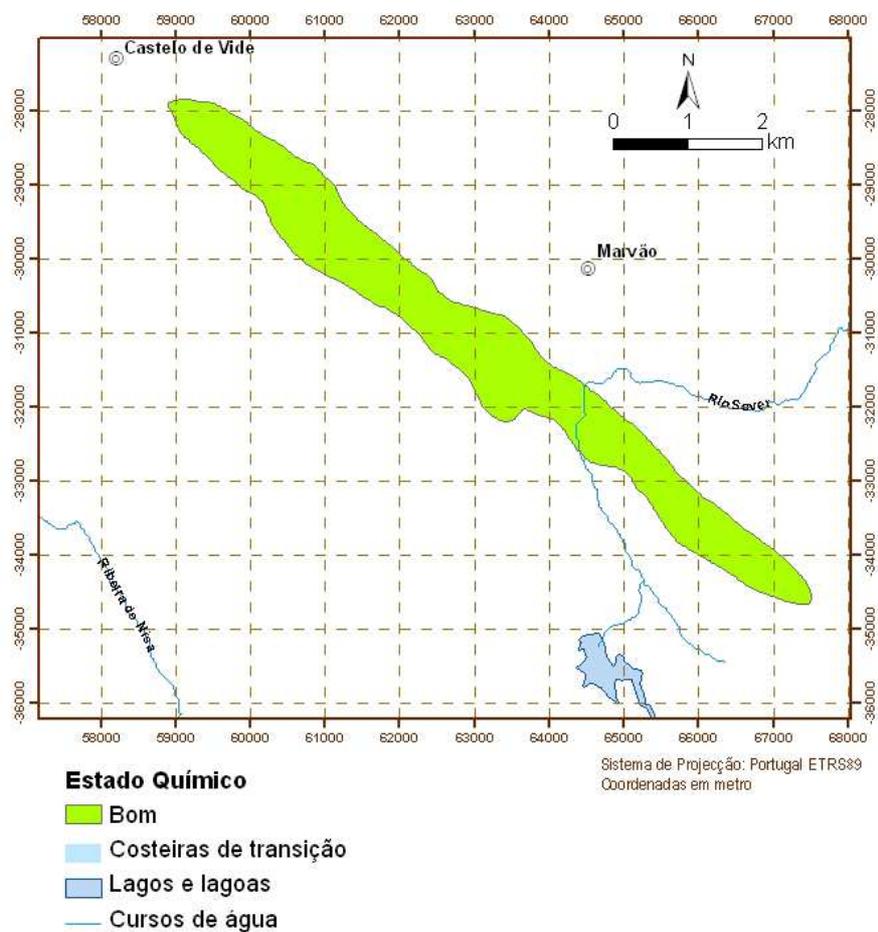
**Quadro 5.6 – Análise de tendências**

| Massa de águas subterrâneas | As | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Cd | Pb | Cl <sup>-</sup> | CE | Hg | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | pH | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | TCE | PCE | Pest. Totais |
|-----------------------------|----|------------------------------|----|----|-----------------|----|----|------------------------------|----|-------------------------------|-----|-----|--------------|
| A2 – Escusa                 | -  | •                            | -  | -  | •               | •  | -  | •                            | •  | •                             | -   | -   | -            |

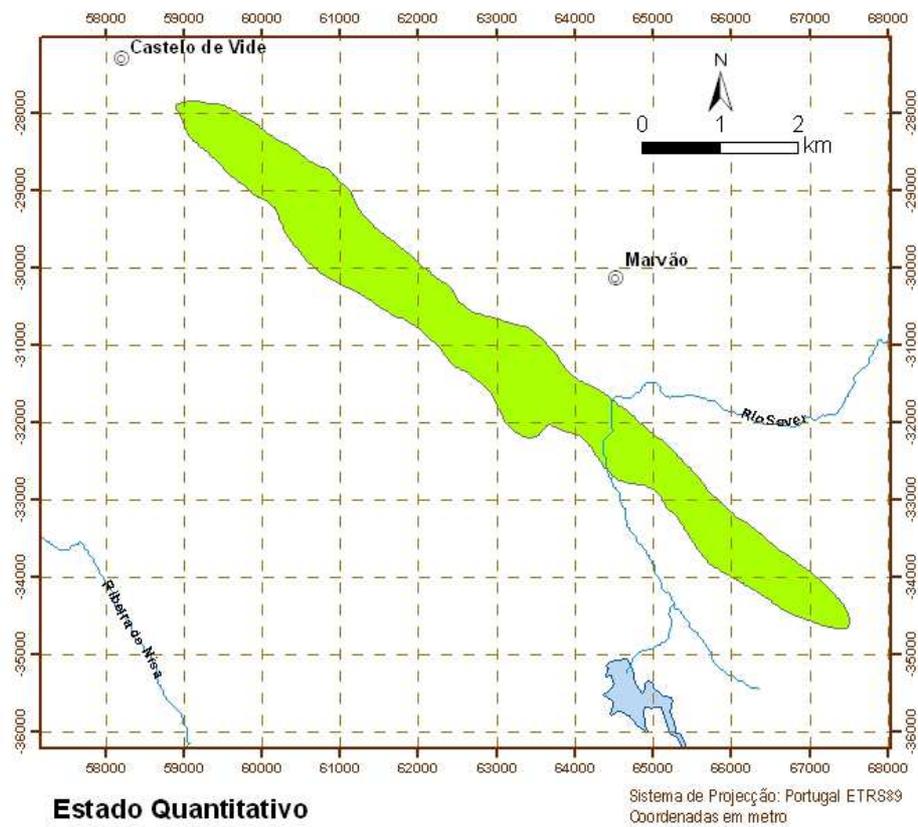
•: sem tendência estatisticamente significativa de subida ou descida ( $\alpha=0.05$ );  
 -: dados insuficientes para realizar o teste.

### 5.4 SÍNTESE

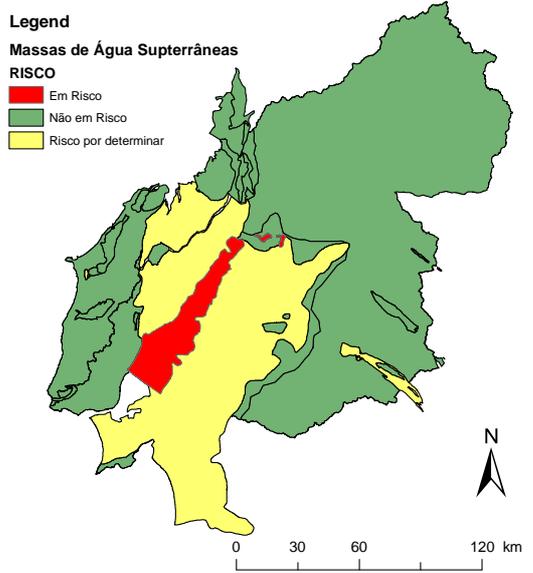
As Figura 5.4 e Figura 5.5 apresentam, respetivamente, a avaliação global do estado químico e do estado quantitativo. Nos Quadro 5.7 a Quadro 5.14 apresenta-se a síntese do diagnóstico das águas subterrâneas, de acordo com os testes cuja metodologia foi descrita no relatório LNEC 289/2011 (Lobo Ferreira et al., 2011). A situação quanto ao risco passou do representado na Figura 5.6 para a Figura 5.7.



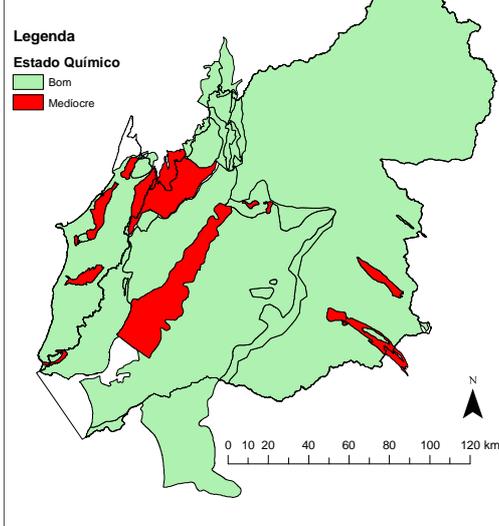
**Figura 5.4 – Estado químico e tendências significativas e constantes da massa de águas subterrâneas de Escusa (bola preta: tendência crescente; bola azul: inversão de tendência)**



**Figura 5.5 – Estado quantitativo da massa de águas subterrâneas de Escusa**



**Figura 5.6 – Massas de águas subterrâneas em risco, antes do PBH Tejo**



**Figura 5.7 – Massas de águas subterrâneas em risco, após do PBH Tejo**

**Quadro 5.7 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da avaliação global do estado químico**

| Massa de águas subterrâneas | Cumprido o critério do limiar ou NQA? | Cumprido o critério de 20% de área? | Cumprido o critério da confiança? | Resultado do teste |
|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| A2 – Escusa                 | Sim                                   | -                                   | -                                 | ● Bom              |

- Não aplicável.

**Quadro 5.8 - Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da intrusão salina**

| Massa de águas subterrâneas | Cumprido o critério das pressões quantitativas? | Cumprido o critério do limiar (Cl-, CE e SO42-)? | Cumprido o critério das tendências? | Cumprido o critério de ausência de impacto significativo num ponto de extração? | Resultado do teste |
|-----------------------------|---|--|-------------------------------------|---|--------------------|
| A2 – Escusa                 | Sim   | Sim  | -                                   | -   | ● Bom              |

- Não aplicável.

**Quadro 5.9 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da diminuição da qualidade química ou ecológica das massas de águas de superfície associadas**

| Massa de águas subterrâneas | Massa de águas superficiais | Segmento da massa de águas superficiais associado | Cumprido o critério do Bom Estado das MASup associadas? | Cumprido o critério do limiar ou NQA com risco para MASup? | Cumprido o critério da % de contribuição da carga poluente para a MASup? | Resultado do teste |
|-----------------------------|-----------------------------|---|---|--|--|--------------------|
| A2 – Escusa                 | PT05TEJ0918N                | PTRIVSEG2498                                      | - <sup>2</sup>  | -  | -  | -                  |

- Não aplicável.

<sup>2</sup> Em nenhum dos pontos de monitorização os valores médios de qualquer parâmetro ultrapassam uma norma de qualidade ou um limiar.

**Quadro 5.10 – Avaliação do Estado Químico da massa de águas subterrâneas: teste da degradação dos ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas**

| Massa de águas subterrâneas | ETDAS          | Cumprido o critério do Bom Estado dos ETDAS? | Cumprido o critério do limiar ou NQA com potencial dano do ETDAS? | Cumprido o critério dos danos causados no ETDAS? | Resultado do teste |
|-----------------------------|----------------|--|---|--|--------------------|
| A2 – Escusa                 | - <sup>2</sup> | -  | -   | -  | -                  |

- Não aplicável.

<sup>2</sup> Para esta massa de águas subterrâneas não foram identificados ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas.

**Quadro 5.11 - Análise dos critérios e dos testes do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste do balanço hídrico subterrâneo**

| Massa de águas subterrâneas | Cumprido o critério de não descida dos níveis piezométricos? | Cumprido o critério da extração anual média < disponibilidade anual média? | Resultado do teste |
|-----------------------------|--|--|--------------------|
| A2 – Escusa                 | Sem dados  | Sim  | ● Bom              |

**Quadro 5.12 - Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste do escoamento superficial**

| Massa de águas subterrâneas | Massa de águas superficiais | Segmento da massa de águas superficiais associado | Cumprido o critério do Bom Estado das MASup associadas? | Cumprido o critério da causa significativa? | Resultado do teste |
|-----------------------------|-----------------------------|---|---|---|--------------------|
| A2 – Escusa                 | PT05TEJ0918N                | PTRIVSEG2498                                      | Sem dados <sup>2</sup>                                  | -   | -                  |

- Não aplicável.

<sup>2</sup> Os elementos hidromorfológicos da massa de águas superficiais associada a esta massa de águas subterrâneas não foram classificados quanto ao índice HQA, devido a limitações estatísticas, pelo que não foi possível realizar o teste do escoamento superficial.

**Quadro 5.13 - Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste da avaliação dos ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas**

| Massa de águas subterrâneas | ETDAS          | Cumprido o critério do Bom Estado dos ETDAS? | Cumprido o critério das condições ambientais? | Cumprido o critério do afastamento das condições ambientais devido a extrações? | Resultado do teste |
|-----------------------------|----------------|--|---|---|--------------------|
| A2 – Escusa                 | - <sup>2</sup> | -  | -   | -   | -                  |

- Não aplicável.

<sup>2</sup> Para esta massa de águas subterrâneas não foram identificados ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas.

**Quadro 5.14 - Avaliação do Estado Quantitativo da massa de águas subterrâneas: teste da intrusão salina**

| Massa de águas subterrâneas | Cumprido o critério das pressões quantitativas? | Cumprido o critério do limiar (Cl-, CE e SO42-)? | Cumprido o critério das tendências? | Cumprido o critério de ausência de impacte significativo num ponto de extração? | Resultado do teste |
|-----------------------------|---|--|-------------------------------------|---|--------------------|
| A2 – Escusa                 | Sim   | Sim  | -                                   | -   | ● <b>Bom</b>       |

- Não aplicável.

# ANÁLISE DAS MEDIDAS

## 1. OBJECTIVOS ESTRATÉGICOS

### 1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os objetivos a alcançar para esta massa de águas subterrâneas, que se encontra em estado Bom, são evitar a continuação da sua degradação, proteger e melhorar o estado dos ecossistemas aquáticos e também dos ecossistemas terrestres e zonas húmidas diretamente dependentes dos ecossistemas aquáticos, no que respeita às suas necessidades de água, garantir o equilíbrio entre as extrações e as recargas da massa de águas e manter ou melhor o seu bom estado químico. O Quadro 1.1 apresenta a situação atual e o calendário para a manutenção do estado “Bom” em 2015.

**Quadro 1.1 – Calendário com os prazos em que se prevê atingir os objectivos ambientais em 2015**

| Massa de águas subterrâneas | Mantido ou melhorado | Atingido |
|-----------------------------|----------------------|----------|
| A2 - Escusa                 | x                    |          |

Naturalmente, podem ocorrer situações de deterioração temporária do estado da massa de águas subterrâneas, não sendo possível à priori prever quais e/ou onde poderão ocorrer efeitos de circunstâncias excepcionais. A deterioração temporária não é considerada violação dos objetivos ambientais previamente estabelecidos, se resultar de circunstâncias imprevistas e excepcionais, derivadas de causas naturais ou de força maior em relação à habitual, que não possam ser razoavelmente previstas, particularmente inundações extremas e secas prolongadas, ou acidentes.

Para levar a massa de águas subterrâneas de Escusa a manter o estado Bom foi elaborado um conjunto de medidas, que tiveram por base (1) a caracterização atual do seu estado quantitativo e químico, (2) a identificação das pressões potencialmente associadas a esse estado e (3) as pressões admissíveis futuras em função dos cenários prospetivos de evolução sócio-económica, cenários estes desenvolvidos pela DHV no âmbito deste Plano de Bacia e relatados no Relatório referente ao Lote 4: Parte 4 – Cenários Prospetivos (DHV, 2011). A análise das condicionantes geológicas e hidrogeológicas, dos modelos de fluxo, das pressões na envolveria dos pontos em

mau estado, da análise dos cenários prospetivos com vista à definição da evolução das pressões (quantidade e qualidade) e das medidas propostas permitiu avaliar estratégias e estabelecer objetivos de atuação que abaixo se apresentam.

## **1.2 AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA MANTER UM ESTADO BOM EM 2015/2027**

Do cruzamento da informação apresentada relativa às características geológicas e hidrogeológicas, facilidade de infiltração, distribuição dos pontos em mau estado qualitativo das águas subterrâneas, pressões e localização das potenciais fontes de poluição (Figura 2.4 e Figura 2.6, Figura 2.13, Figura 5.4, Figura 5.4) admite-se que se se mantiverem as atuais pressões e condições de funcionamento da massa de águas subterrâneas, mantendo-se ou sendo melhoradas as condições das águas superficiais associadas, será possível manter o estado de “Bom” tanto quantitativo como qualitativo. Deve contudo colocar-se a hipótese de eventuais áreas em mau estado a jusante da zona de concentração de lagares, não detetadas devido à atual distribuição dos pontos de monitorização (Figura 5.3). No Quadro 1.2 apresenta-se o estado de qualidade atual dos pontos de monitorização e as pressões sitas na sua envolvente imediata.

A análise dos aumentos das cargas poluentes em função dos cenários prospetivos definidos pela DHV (2011), com os atuais dados de qualidade registados no SNIRH, permitiu antever as alterações dos volumes de consumos e de cargas poluentes, que se apresentam no Quadro 1.3.

Apesar do atual bom estado da massa de águas subterrâneas, se se considerarem as pressões previstas pelos cenários prospetivos de maior pressão deste Plano, verifica-se que futuramente esta massa de águas subterrâneas possa vir a ficar em mau estado, devido não a uma ou outra atividade específica mas ao somatório das contribuições poluentes de todas as atividades (Quadro 1.4).

**Quadro 1.2 – Estado de qualidade dos pontos e respetivas pressões e condicionantes na sua envolvente**

| Aspeto      | Ponto  | Parâmetro-problema | Ultrapassa VMR | Pressões na envolvente  |
|-------------|--------|--------------------|----------------|---|
| Qualitativo | 335/10 | Não detetado       | Não            | Área agrícola permanente e, a jusante, 3 lagares e área agrícola heterogénea                                    |
|             | 348/23 | Não detetado       | Não            | Área agrícola permanente, área agrícola heterogénea e área agrícola anual                                       |
|             | 348/20 | Não detetado       | Não            | Área agrícola anual e área agrícola permanente; a SE área agrícola heterogénea (zona de fluxo para o rio Sever) |

**Quadro 1.3 – Volumes de extração e cargas poluentes em conformidade com as projeções dos cenários de maior pressão, em 2027**

| Abastecimento público |                          |    | Agricultura      |                          |      | Pecuária         |                          |          | Indústria |                  |                          | Outros |                  |                          |    |
|-----------------------|--------------------------|----|------------------|--------------------------|------|------------------|--------------------------|----------|-----------|------------------|--------------------------|--------|------------------|--------------------------|----|
| Volume (hm³/ano)      | Carga poluente (ton/ano) |    | Volume (hm³/ano) | Carga poluente (ton/ano) |      | Volume (hm³/ano) | Carga poluente (ton/ano) |          |           | Volume (hm³/ano) | Carga poluente (ton/ano) |        | Volume (hm³/ano) | Carga poluente (ton/ano) |    |
|                       | N                        | P  |                  | N                        | P    |                  | N                        | N lixiv. | P         |                  | N                        | P      |                  | N                        | P  |
| 1,63                  | 36,976                   | -- | 0,045            | 1,79                     | 0,32 | 0,002            | 5,76                     | 0,45     | 2,34      | 0,008            | 3,20                     | 0,97   | 0,152            | --                       | -- |

**Quadro 1.4 – Condições atuais e eventuais problemas futuros para os cenários de maior pressão, sem medidas de atuação implementadas**

| Ponto  | Situação atual    | Problemas futuros se não houver intervenção (1)   |
|--------|-------------------|---|
| 335/10 | <b>Bom estado</b> | No limiar do mau estado nos nitratos pelo somatório das cargas urbana + lagares + agrícola + pecuária |
| 348/23 | <b>Bom estado</b> | No limiar do mau estado nos nitratos pelo somatório das cargas urbana + lagares + agrícola + pecuária |
| 348/20 | <b>Bom estado</b> | Mau estado nos nitratos pelo somatório das cargas urbana + lagares + agrícola + pecuária              |

(1) Com base nos dados médios da base de dados SNIRH após avaliação das pressões



As premissas para o cálculo destas condições são:

- **População** – a residente terá um leve decréscimo, da ordem dos 3%; turismo aumenta entre 20% e 22%, de acordo com o cenário de evolução sócio-económica de maior pressão. Admitiu-se que durante os 4 meses de Verão, o consumo será 2x superior à média mensal do atual consumo para abastecimento público. Considerando a subida de 22% de consumo desses 4 meses, devido à concomitante subida do turismo, obtém-se uma subida total dos consumos de 48%. Para a carga poluente, e considerando a existência de núcleos populacionais na região, usaram-se os dados de INSAAR de 2009 (in: <http://insaar.inag.pt/index.php?id=30> consultado a 29/2/2012) para contabilizar o n.º de ETARs e fossas sépticas, que se apresentam no Quadro 1.5. A carga poluente atual é de 24,98 tonN/ano, tendo esta sido calculada com base nos valores de azoto e taxa de tratamento apresentados por Arceivala (1981)<sup>1</sup> para as fossas sépticas e atribuindo uma taxa de tratamento de 75% para as ETARs, conforme ao Decreto-Lei n.º 152/97. Para o cálculo do aumento da carga poluente, tendo em considerando o cenário de evolução sócio-económica de maior pressão, adotou-se um raciocínio similar ao usado para o cálculo da evolução dos consumos, tendo-se obtido os valores expressos no Quadro 1.3, o que corresponde a uma subida de cerca de 48%.

**Quadro 1.5 – Actuais estruturas de saneamento na área da massa de águas subterrâneas de acordo com INSAAR (2009)**

| Freguesia               | Tipo de infraestrutura | População servida |
|-------------------------|------------------------|-------------------|
| S. Salvador da Aramenha | Fossa                  | 80                |
| S. Salvador da Aramenha | Fossa                  | 250               |
| S. Salvador da Aramenha | ETAR                   | 896               |
| Urra                    | Fossa                  | 140               |
| Urra                    | Fossa                  | 175               |
| Urra                    | Fossa                  | 400               |
| Urra                    | Fossa                  | 430               |
| Urra                    | Fossa                  | 175               |
| Urra                    | Fossa                  | 40                |
| Urra                    | Fossa                  | 50                |
| Urra                    | ETAR                   | 15768             |
| Castelo de Vide         | ETAR                   | 517               |
| Castelo de Vide         | ETAR                   | 600               |
| Castelo de Vide         | ETAR                   | 2060              |

- **Pecuária** – prevê-se uma redução de cerca de 10% de efetivos, de acordo com o cenário de evolução sócio-económica de maior pressão. A

<sup>1</sup> 10g/habitante/dia de azoto Kjeldahl e taxas de remoção de 20% para uma fossa séptica bem construída e mantida

carga poluente atual é de 0,83 tonN/km<sup>2</sup>/ano, 0,065 tonN lixiviado/km<sup>2</sup>/ano e 0,34 tonP/km<sup>2</sup>/ano exclusivamente para as boviniculturas, que são, de acordo com o inventário do Plano, as únicas unidades pecuárias com carga poluente para o meio subterrâneo.

- **Agricultura** – prevê-se uma leve subida do regadio, da ordem dos 5%, de acordo com o cenário de evolução sócio-económica de maior pressão. A carga poluente atual é de 0,22 tonN/km<sup>2</sup>/ano e 0,04 tonP/km<sup>2</sup>/ano.
- **Indústria** – prevê-se uma subida da ordem dos 39% dos consumos de água na indústria para a globalidade da bacia do Tejo, de acordo com o cenário de evolução sócio-económica de maior pressão, sendo a contabilização dos consumos baseada no aumento de pessoal ao serviço das indústrias. Na área do rio Sever o aumento do pessoal afeto à indústria tem valores idênticos à média para a globalidade da bacia, pelo que se considerou que a subida dos consumos nesta região é igual a 39%. Estão quantificadas cargas poluentes atuais, apenas para os lagares, que são de 2,3 tonN/campanha.
- **Campos de golfe** – prevê-se um eventual campo de golfe para a bacia do rio Sever. Não estão quantificadas cargas poluentes ou volumes de rega satisfeitos por origens subterrâneas neste campo de golfe. Atualmente este campo de golfe está desativado e portanto sem consumos contabilizados. Admite-se da rubrica Outros do Quadro 3.21, que apenas aumentam os consumos relativos aos campos de golfe. Considerou-se como consumo médio de campo de golfe o de um campo de 18 buracos e cerca de 24 ha (0,152 hm<sup>3</sup>/ano, cf. [http://www.ccdr-alg.pt/ccdr/parameters/ccdr-alg/files/File/\\_documentos/ambiente/av\\_imp\\_amb/RNT\\_Almada\\_Ouro.pdf](http://www.ccdr-alg.pt/ccdr/parameters/ccdr-alg/files/File/_documentos/ambiente/av_imp_amb/RNT_Almada_Ouro.pdf)).

Em função destes cenários, o aumento dos consumos pela expansão do turismo e indústria (no cenário de maior pressão) colocará pressões sobretudo no estado quantitativo. Se se considerar o mesmo valor de recarga e os consumos calculados com base nas projeções do cenário de maior pressão, ***tal significa que se passa da atual taxa de exploração de cerca 33,6% para cerca de 58%*** (valores que não entram em consideração com a recarga proveniente das regas e perdas da rede de abastecimento), com alocações futuras, face ao total dos consumos, de cerca de 84 % no consumo doméstico e de 0,6% do consumo industrial. Em termos de cargas poluentes contabilizaram-se apenas as alterações devidas às fontes domésticas,

agricultura e pecuária, visto desconhecerem-se as cargas relativas à indústria e campos de golfe. Perante os novos cenários verifica-se uma subida significativa das cargas poluentes por via doméstica mas um aumento residual de cerca de 5% para a carga agrícola e uma redução de cerca de 8% para a carga de origem pecuária.

Deste modo os principais problemas que poderão futuramente agravar as condições da massa de águas subterrâneas relacionam-se sobretudo com a poluição de origem urbana, dado que o aumento da carga poluente de origem agrícola (aqui associada ao aumento do regadio) deverá pouco significativo nesses locais. Note-se contudo que se está a ignorar, por força da ausência de dados, a contribuição do aumento da indústria e dos campos de golfe. Em termos quantitativos o aumento dos consumos relaciona-se sobretudo com a indústria e o consumo doméstico (turismo), colocando alguma pressão sobre a massa de águas subterrâneas, que deverá ser tomada em atenção.

A análise dos aumentos das cargas poluentes em função dos cenários, com os atuais dados de qualidade registados no SNIRH, permitiu definir o agravamento das condições de qualidade, caso se verifique um aumento significativo dos sistemas de esgotos com descarga para o meio subterrâneo (Quadro 1.4); caso este cenário não se verifique, as condições da massa de águas subterrâneas de Escusa continuarão a manter-se no estado qualitativo de Bom. Deste modo, considera-se a necessidade de implementar:

- *Na generalidade da massa de águas subterrâneas* – sendo o estado atual **Bom** e as pressões identificadas nos cenários indicarem leve redução na carga poluente pecuária, leve aumento na carga poluente agrícola, aumento significativo nas cargas industriais e de golfe (não possíveis de ser contabilizadas no estado atual dos conhecimentos), e um muito significativo aumento das cargas de origem doméstica, admite-se que este estado Bom possa ficar em risco de ser mantido. Deste modo é necessário que se adotem medidas preventivas **a partir de 2015**:
  - Se reduzam em 10% as atuais cargas poluentes de origem agrícola e de 5% na pecuária – para alcançar estes objetivos é necessária a implementação (Quadro 1.6):

**Quadro 1.6 – Medidas de redução das cargas agrícolas e pecuárias, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

| Medida  |
|---|
| Código de Boas Práticas Agrícolas, de forma efetiva e rigorosa  |
| Implementação do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água   |
| Controlo dos volumes e cargas das lamas de depuração, estrumes e chorumes a serem aplicados, com especial atenção nas zonas de infiltração mais elevada                           |
| Técnicas de construção que minimizem as necessidades de gastos de água por parte dos animais estabulados  |
| Correto encaminhamento dos efluentes para estruturas de tratamento adequadas ao tratamento de efluentes pecuários   |
| Impermeabilização artificial de sistemas de tratamento e/ou armazenamento de águas residuais e outros efluentes pecuários   |
| Fiscalização de eventuais lançamentos de lixos (ex.: embalagens de pesticidas, carcaças de animais) em cavidades cársticas e/ou áreas de infiltração preferencial (dolinas, etc.) |

- Se reduzam em 40% as cargas poluentes provenientes dos lagares tanto atuais como futuras – para tal é necessário que se implemente (Quadro 1.7):

**Quadro 1.7 – Medidas de redução das cargas agro-industriais (lagares), considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

| Medida   |
|--|
| Código de Boas Práticas, integrando o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água e outros compromissos ambientais                    |
| Construir/pôr em funcionamento estações de tratamento de resíduos dos lagares de alto desempenho   |
| Soluções alternativas de tratamento e destino final das águas residuais e poluentes da atividade dos lagares                             |
| Correto encaminhamento dos efluentes para estruturas de tratamento adequadas ao tratamento de efluentes de lagares                       |
| Impermeabilização artificial de sistemas de tratamento e/ou armazenamento de águas residuais e outros efluentes de lagares               |
| Definição de locais apropriados de descarga de efluentes, com interdição de descarga destes nas zonas de maior infiltração               |
| Definição da carga poluente máxima admissível para cada estrutura agroindustrial e controle efetivo de que estes valores são respeitados |

- Se reduzam em 50% as cargas poluentes de origem urbana em tanto atuais como futuras – para alcançar esta redução da carga poluente é necessário (Quadro 1.8):

**Quadro 1.8 – Medidas de redução das cargas urbanas/domésticas, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

| Medida  |
|---|
| Implementação do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água   |
| Desativação de todas as fossas sépticas e ligação a redes de tratamento/ETAR de alta eficácia   |
| Aplicação de soluções alternativas de ETAR para agregados populacionais baixos (<40 hab/km <sup>2</sup> ) de alta eficácia  |
| Instalação de novas ETAR de alto desempenho e devidamente dimensionadas para a população flutuante que venha a estabelecer-se na região   |
| Valoração dos resíduos de tratamento das ETAR para aplicação devidamente racional na atividade agrícola   |
| Interdição de rejeição de águas residuais urbanas através de sistemas de infiltração no solo em massas de água subterrânea cársticas que, pela sua natureza carbonatada, são muito vulneráveis à poluição |
| Impermeabilização dos sistemas de tratamento e/ou armazenamento de águas residuais  |
| Manutenção adequada das estruturas de tratamento de esgotos e controlo efetivo das cargas lançadas em meio hídrico  |
| Melhoramento, reconversão e posterior monitorização dos sistemas de esgotos e similares com vista a prevenir e eliminar fugas de efluentes  |
| Maior controlo da qualidade das águas residuais industriais e domésticas descarregadas no meio hídrico  |
| Valoração dos resíduos para matéria prima de atividades industriais (indústria de fertilizantes, etc.)  |

- Se reduzam até 40% os volumes explorados para consumo urbano e em cerca de 20% dos volumes explorados para outros

consumos – sendo que na rubrica “outros consumos” se está a considerar os campos de golfe. Considerando a dimensão dos valores de consumos agrícolas e pecuários definidos no Plano, não se considera relevante que devam sofrer reduções. Com esta redução de consumos é possível – admitindo que as recargas se mantêm ao nível atual até 2027 – manter as taxas de exploração na ordem dos 36%. Assim, para se manter o bom estado quantitativo, devem **implementar-se a partir de 2015** (Quadro 1.9 e Quadro 1.10):

**Quadro 1.9 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, para os consumos urbanos, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

| Medida  |
|---|
| Reestruturação e manutenção adequada da rede de distribuição de modo a reduzir as perdas na distribuição  |
| Reutilização de águas de pior qualidade (ex.: provenientes de ETARs) para regas de relvados e outros espaços públicos, descargas de sistemas sanitários ou outros usos onde a água não necessite de ter igual qualidade à de consumo humano |
| Reconversão de métodos de rega para sistemas de maior eficiência/poupança de água, em especial os destinados a espaços públicos e de lazer  |
| Reutilização de águas de pior qualidade (ex.: provenientes de ETARs) para o regadio agrícola, suprimindo ou reduzindo deste modo, os volumes de fertilizantes utilizados na atividade agrícola  |
| Horários estritos de rega de espaços públicos, privados e de lazer, coincidentes com as horas de menor evapotranspiração, de modo a reduzir as perdas de água   |
| Estabelecer condicionantes à construção de novas captações, em especial nas regiões passíveis de significativos rebaixamentos piezométricos de longo prazo  |
| Delimitação de áreas de infiltração máxima com vista à sua proteção e eventual utilização como áreas preferenciais de recarga artificial  |
| Proteção das zonas de infiltração máxima, impedindo a realização de infraestruturas que levem à sua impermeabilização ou redução das capacidades de infiltração   |
| Implementar eventuais planos de contingência similares aos de situação de seca para os períodos de pico de turismo  |

**Quadro 1.10 – Medidas de manutenção do estado quantitativo bom, para os consumos de campo(s) de golfe, considerando igualmente os cenários de evolução sócio-económica**

| Medida  |
|---|
| Utilização de sistemas de rega de alta eficiência (baixo consumo)   |
| Horários de rega que permitam a redução dos volumes perdidos por escoamento superficial e evapotranspiração sem comprometer a qualidade dos enrelvamentos                     |
| Utilização para rega de águas de pior qualidade (ex.: provenientes de ETARs), mas que não comprometam a qualidade das águas subterrâneas da área subjacente ao campo de golfe |
| Adoção de espécies resistentes à seca e/ou com menores necessidades de rega   |
| Adoção do Manual de Boas Práticas Ambientais para Campos de Golfe (Almeida et al., 2009)  |

Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
Junho de 2012

**VISTOS**



J.P. Cárcomo Lobo Ferreira  
Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil



Rafaela de Saldanha Matos  
Directora do Departamento de Hidráulica e  
Ambiente  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

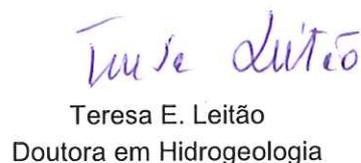
**AUTORIAS**



J.P. Cárcomo Lobo Ferreira  
Dr.-Ing. Habil. em Engenharia Civil



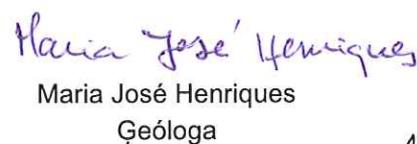
Maria Emília Novo  
Geóloga, Doutora em Engenharia do Ambiente



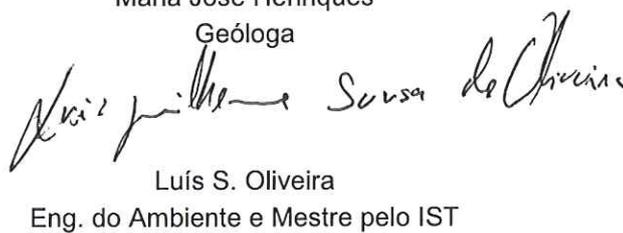
Teresa E. Leitão  
Doutora em Hidrogeologia



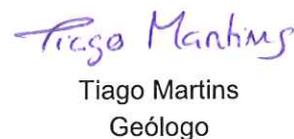
Manuel Mendes Oliveira  
Doutor em Hidrogeologia



Maria José Henriques  
Geóloga



Luís S. Oliveira  
Eng. do Ambiente e Mestre pelo IST



Tiago Martins  
Geólogo

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (inclui a bibliografia dos anexos)

<http://insaar.inag.pt/index.php?id=30>

<http://www.ccdr-alg.pt/ccdr/parameters/ccdr->

[alg/files/File/documentos/ambiente/av\\_imp\\_amb/RNT\\_Almada\\_Ouro.pdf](#) - Resumo não Técnico da Reformulação do Estudo de Impacte Ambiental do Campo de Golfe "Almada de Ouro Golf & Country Club). Ecossistema, Iberbio, Outubro de 2007, pp. 12.

Almeida, C., Mendonça, J., Jesus, M., e Gomes, A. (2000). *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental*. Instituto da Água, Portugal.

Almeida, A.B., Almeida, J., Cabelreira, H., Calixto, V., Clemente, A.M., Correia, O., Correia, P., Ebert, M., Ferreira, P., Goulão, J., Grave, R., Machado, P., Manso, J.P., Morais, S., Pais, M.S., Pinto, A.P., Rebelo, P., Rebelo, V.Q., Ribeiro, D., Santos, H.P., Silva, A.B., Silva, J.M., Silva, S.P., Tenreiro, R. (2009) – *Manual de Boas Práticas Ambientais para Campos de Golfe: Normas para Planeamento, Projecto, Obra e Exploração de Campos de Golfe numa Perspectiva de Sustentabilidade Ambiental*. Agência Portuguesa do Ambiente, 338 pp. In: [http://www.turismodeportugal.pt/Portugu%C3%AAs/AreasAtividade/ProdutoseDestinos/Documents/Doc5\\_ManualBoasPraticasAmbientaisCamposGolfe.pdf](http://www.turismodeportugal.pt/Portugu%C3%AAs/AreasAtividade/ProdutoseDestinos/Documents/Doc5_ManualBoasPraticasAmbientaisCamposGolfe.pdf)

Arceivala, S. J. (1981). *Wastewater Treatment and Disposal*. New York and Basel: Marcel Dekker Inc. 892 pp.

Cabral, J., Ribeiro, A. (1988). *Carta Neotetónica de Portugal Continental, Escala 1:1 000 000*. Serviços Geológicos de Portugal, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa - Departamento de Geologia, Gabinete de Protecção e Segurança Nuclear, pp. 10.

Carvalho, A.H., Costa, A.M. (1998). *Sistema Aquífero Monforte-Alter do Chão, uma das Áreas de Intervenção Detalhada do IGM no Projeto de Estudo dos Recursos Hídricos, Subterrâneos do Alentejo*. 4º Congresso da Água "A Água como Recurso Estruturante do Desenvolvimento", Lisboa, 23 a 27 de Março, pp. 14.

Cunha, L.V.; Oliveira, R.P.; Ribeiro, L.; Monteiro, J.P.; Nunes, L.M.; Dill, A.C. (2004). *Impactos das Alterações Climáticas nos Recursos Hídricos Nacionais*. In: "Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts, and Adaptation Measures - Phase II". SIAM Project (Scenarios, Impacts and Adaptation Measures)

- Fernandes, A.P., Perdigão, J.C., Carvalho, H.F., Peres, A.M. (1973). *Carta Geológica de Portugal, Escala 1:50 000, Notícia Explicativa da Folha 28-D: Castelo de Vide*. Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal, pp. 44.
- Fernandes, J. (2001). *Sistema Aquífero Monforte-Alter do Chão. Fichas dos Sistemas Aquíferos do Alentejo. Anexo II do Relatório Técnico do ERHSA (IGM)*. Publicado pela Comissão de Coordenação da Região Alentejo, Évora, 139 pp.
- Fernandes, J.; Francés, A. (2002). *Sistema aquífero Monforte - Alter do Chão. Resultados obtidos no âmbito do Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA)*. Resumo de Posters, 6º Congresso da Água, Porto, 18 a 22 de Março.
- Fernandes, J., Francés, A. (2010). *Sistema Aquífero Monforte-Alter do Chão: Resultados obtidos no âmbito do Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA)*. Tágides. Volume 7. Administração de Região Hidrográfica do Tejo. ARH Tejo, I.P. pp. 146-156.
- INSAAR (2010). *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e da Drenagem e Tratamento de Águas Residuais Sistemas Públicos Urbanos (dados 2008)*. Maio 2010.
- Leitão, T.E., Barbosa, A. E., Henriques, M.J., Ikävalko, V.M., Meneses, J. T. (2005). *Avaliação e gestão ambiental das águas de escorrências de estradas*. Relatório Final. Relatório 109/05 - NAS, LNEC.
- Lobo Ferreira, J.P., Vaz Pinto, I., Monteiro, J.P., Oliveira, M.M., Leitão, T.E., Nunes, L., Novo, M.E., Salvador, N., Nunes, J.F., Leal, G., Pombo, S., Silva, M.F., Igreja, A., Henriques, M.J., Silva, D., Oliveira, L., Martins, T., Martins, J., Braceiro, A., Henriques, R.S., Martins, R. (2011). *Plano de gestão da Região Hidrográfica do Tejo - Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos (Versão de Agosto de 2011)*. Consórcio Hidroprojeto/LNEC/ICCE. Rel. 289/2011 – NAS. Estudo realizado para a Administração da Região Hidrográfica do Tejo, I.P., 1056 pp.
- MA (1999). *Plano de Bacia Hidrográfica do rio Tejo. 1.ª Fase. Análise e Diagnóstico da Situação de Referência. Volume III. Análise. 1. Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica*. HP, Gibb, ProceSl, HidroRumo. Outubro de 1999.
- Monteiro, J.P. (1993). *Estudo Hidrogeológico da Formação carbonatada de Escusa (Castelo de Vide)*. Dissertação Apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa para obtenção do título de Mestre em Geologia Aplicada.

170 pp.

Monteiro, J.P., Silva, M.L. (1993). *Estudo Hidrogeológico dos Calcários Dolomíticos de Escusa (Castelo de Vide)*. Recursos Hídricos – Revista da Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, Vol. 14, n.º 1, pp. 13-20.

Monteiro, J.P. (2001). *Characterisation of a Carbonate Aquifer for the Application of a Regional Discrete Continuum Flow Model (Castelo De Vide Carbonate Aquifer - Alentejo, Portugal)*. Thesis presented to the Faculty of Sciences of the Neuchâtel University to fulfil the requirements for the title of Docteur ès Sciences. Neuchâtel Centre of Hydrogeology - CHYN. Switzerland. 143 pp.

Monteiro, J. P. (2010). *Sistema Aquífero de Escusa (Castelo de Vide)*. Tágides. Volume 7. “Os Aquíferos da Bacia do Tejo e das ribeiras do Oeste. Saberes e Reflexões”. ARH Tejo, I.P., pp 123-130.

Monteiro, J.P., Silva, M.L., Carreira, P.M., Soares, A.M. (1997). *Aplicação de Métodos Geoquímicos Isotópicos à Interpretação da Hidrodinâmica do Aquífero Carbonatado da Serra de S. Mamede (Castelo de Vide)*. Actas do VII Congresso de Espanha de Geoquímica, Ed. Cedex, pp. 544-551.

Oliveira, M.M. (2004, 2006). *Recarga de águas subterrâneas: Métodos de avaliação*. Doutoramento em Geologia (Hidrogeologia), Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, 440 pp., 2004. Também: Teses e Programas de Investigação - TPI 42, ISBN 972-49-2093-3, Editora LNEC, 2006.

Oliveira, M.M., Lobo Ferreira, J.P.C. (2002a). *Proposta de uma Metodologia para a Definição de Áreas de Infiltração Máxima*. Comunicação apresentada no 6º Congresso da Água: A água é d’ouro, organizado pela Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), realizado no Centro de Congressos da Alfândega, Porto, 18 a 22 de Março de 2002, 16 pp.

Oliveira, M.M., Lobo Ferreira, J.P.C. (2002b). *Proposta de uma Metodologia para a Definição de Áreas de Infiltração Máxima*. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Revista Recursos Hídricos, Vol. 23 n.º 1, Maio 2002 pp. 63-74.

Oliveira, M.M., Novo, M.E., Moinante, M.J., Lobo Ferreira, J.P.C. (2000). *Plano de Bacia Hidrográfica do rio Tejo. 1.ª Fase - Análise e Diagnóstico da Situação Actual. Anexo Temático 4 - Recursos Hídricos Subterrâneos. Tomo A - Caracterização Hidrogeológica. Revisão 2*. Estudo realizado para a Hidrotécnica Portuguesa. Consultores para Estudos e Projetos Lda., Proc. 607/1/13022, LNEC-GIAS, Maio

de 2000, 379 pp.

Perdigão, J.C., Fernandes, A.P. (1976). *Carta Geológica de Portugal, Escala 1:50 000, Notícia Explicativa da Folha 29-C: Marvão*. Serviços Geológicos de Portugal, pp. 18.

Silva, J.M., Camarinhas, M.V.F. (1961). *Estudo Económico dos Calcários de Marvão*. Estudos, Notas e Trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro, Vol. XV, pp 315-430.

## **ANEXOS**

---



## ANEXO 1 – PERFIS ESQUEMÁTICOS DA MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A análise da informação dos logs de sondagens com vista a um melhor conhecimento da geometria e funcionamento deste sistema aquífero mostrou que esta informação é insuficiente para uma caracterização detalhada da geometria deste sistema aquífero, em especial dada a complexidade do seu enquadramento tetónico, permitindo apenas a realização dum corte geológico (Figura A.1) e sua representação tridimensional (Figura A.2) sendo o mapa da localização deste corte apresentado na Figura A.3. Este corte geológico revela um corpo constituído integralmente por calcários, verificando-se a ocorrência de zonas de fracturação significativa, as quais ocorrem por vezes no alinhamento de grandes falhas (Figura A.1 e Figura A.2, sondagem assinalada com círculo verde). Informação da bibliografia refere que estas unidades calcárias constituem o núcleo de uma estrutura alongada, orientada NW-SE, constituindo um sinclinal com um complexo padrão de dobramento (Silva e Camarinhas, 1961) e uma espessura conhecida que pode chegar aos 139 m (Monteiro, 2010).

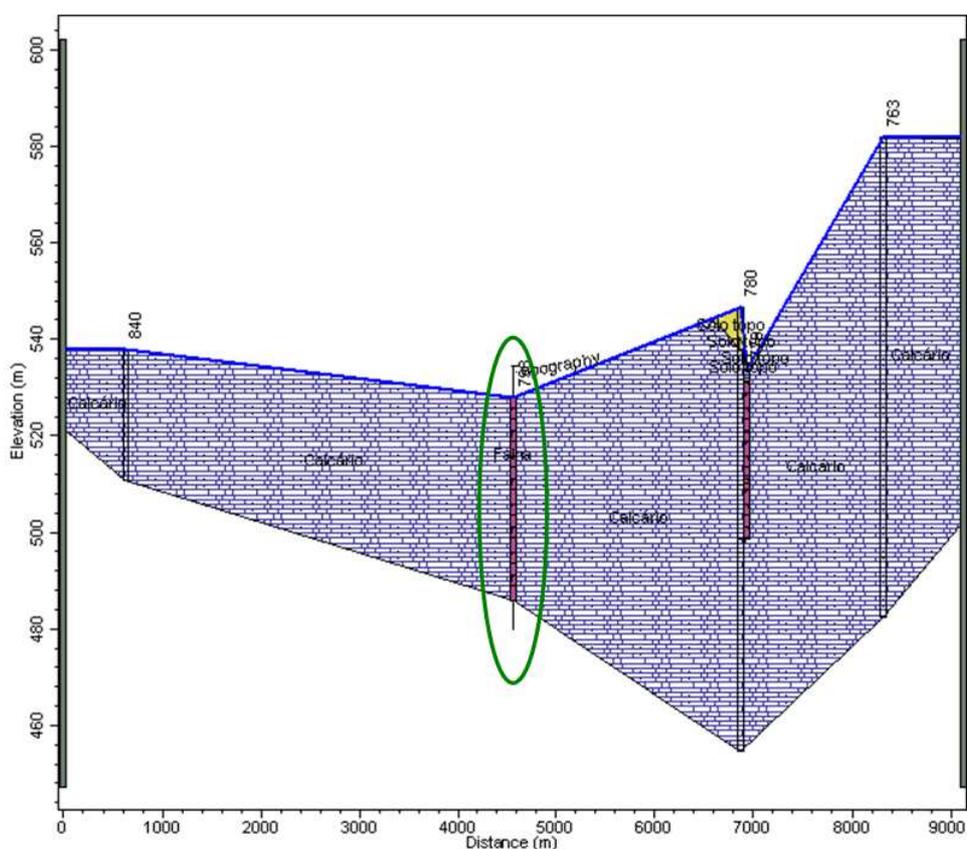


Figura A.1 – Corte A (NW-SE)

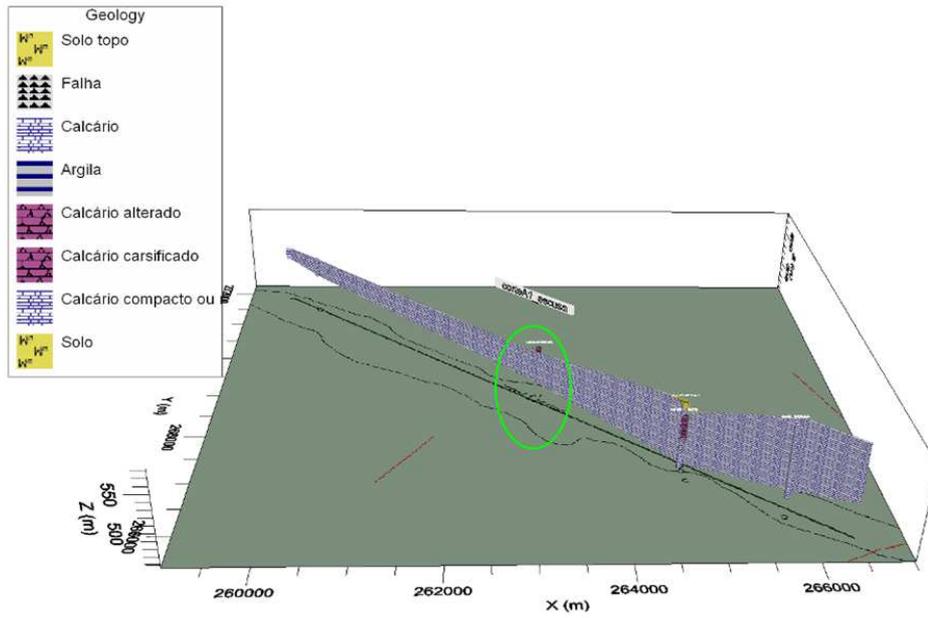


Figura A.2 – Bloco diagrama vista SE-NW

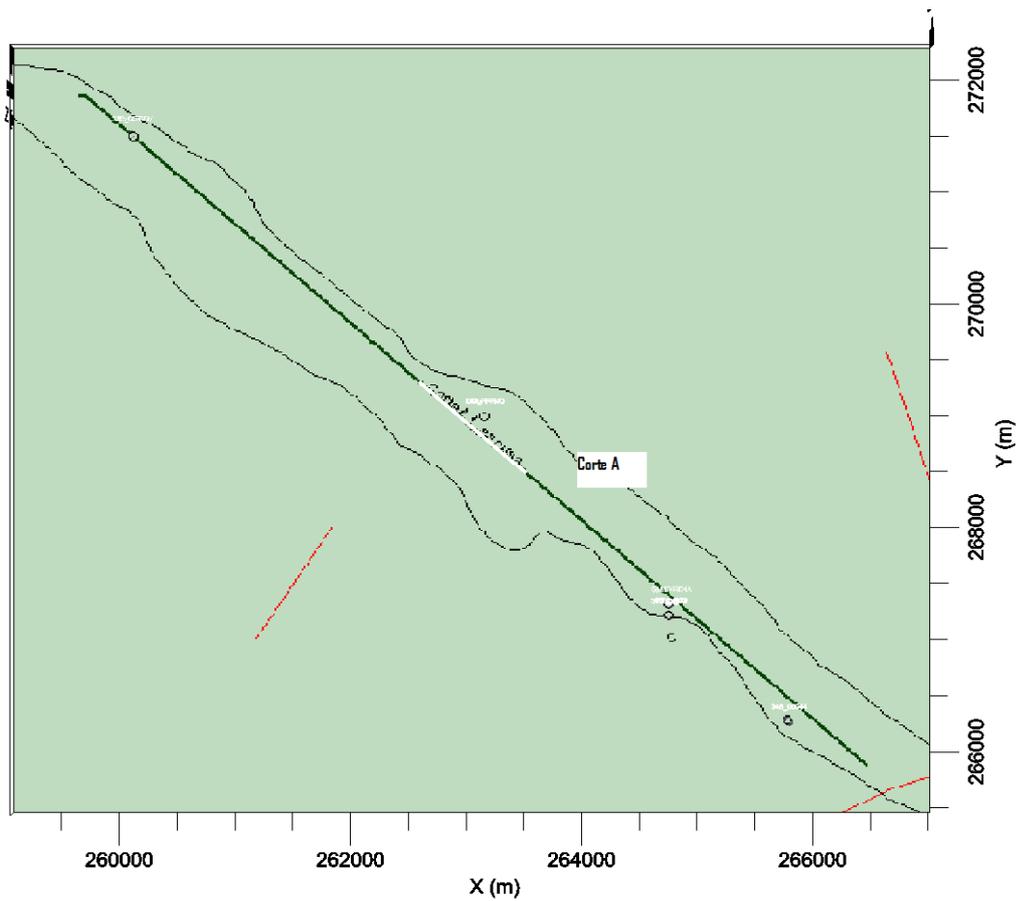


Figura A.3 – Mapa de localização dos cortes geológicos

## ANEXO 2 – RECARGA POR MASSA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA CADA ASSOCIAÇÃO DE SOLO / OCUPAÇÃO DO SOLO / SETOR / EXISTÊNCIA DE CARSO

**Quadro A.1 – Recarga da massa de águas subterrâneas de Escusa para cada associação de solo / ocupação do solo**

| CLC | SROA | Área (m <sup>2</sup> ) | Precipitação (mm/ano) | Evapotranspiração real (mm/ano) | Escoamento direto (mm/ano) | Recarga (mm/ano) | Recarga (hm <sup>3</sup> /ano) | N.º de anos |
|-----|------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------|--------------------------------|-------------|
| 142 | Vcc  | 287105                 | 776                   | 250                             | 51                         | 475              | 0.136                          | 31          |
| 211 | Vcc  | 931248                 | 776                   | 294                             | 0                          | 481              | 0.448                          | 31          |
| 212 | Vcc  | 217973                 | 776                   | 290                             | 0                          | 486              | 0.106                          | 31          |
| 223 | Vcc  | 2863054                | 776                   | 298                             | 0                          | 478              | 1.368                          | 31          |
| 242 | Vcc  | 515159                 | 776                   | 299                             | 0                          | 477              | 0.246                          | 31          |
| 243 | Vcc  | 732563                 | 776                   | 270                             | 0                          | 506              | 0.371                          | 31          |
| 311 | Vcc  | 1276527                | 776                   | 283                             | 0                          | 493              | 0.630                          | 31          |
| 312 | Vcc  | 254284                 | 776                   | 308                             | 0                          | 468              | 0.119                          | 31          |
| 313 | Vcc  | 454694                 | 776                   | 315                             | 0                          | 461              | 0.210                          | 31          |
| 324 | Vcc  | 170762                 | 776                   | 289                             | 0                          | 487              | 0.083                          | 31          |

