

# ESTADO QUÍMICO DAS MASSAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS ÁREAS DOS PLANOS DE BACIA DO TEJO E DAS RIBEIRAS DO OESTE

**Teresa E. LEITÃO**

Doutora em Hidrogeologia, Investigadora Principal com Habilitação do Núcleo de Águas Subterrâneas – LNEC/DHA, Av. do Brasil, 101 P-1700-066 Lisboa, Tel: 218 443 802, Email: [leitao@lnec.pt](mailto:leitao@lnec.pt)

**Luís Miguel NUNES**

Doutor em Ciências de Engenharia, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, Faro 8005-139, Tel: 289 800 900, Email: [lnunes@ualg.pt](mailto:lnunes@ualg.pt)

**A. David SILVA**

Licenciado em Engenharia dos Recursos Hídricos, Hidrointel - Ambiente e Recursos Hídricos, Av. da República n.º 54, 8000-079 Faro, Tel: 289 824 523, Email: [davidsilva@hidrointel.pt](mailto:davidsilva@hidrointel.pt)

**João Paulo LOBO FERREIRA**

Doutor em Engenharia Civil, Investigador-Coordenador e Chefe do Núcleo de Águas Subterrâneas- LNEC/DHA, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Tel: 218 443 609, Email: [lferreira@lnec.pt](mailto:lferreira@lnec.pt)

## RESUMO

No âmbito da elaboração dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica do rio Tejo e das Ribeiras do Oeste, pelo consórcio Hidroprojecto/LNEC/ICCE (Lobo Ferreira *et al.*, 2011a e b), foi efectuada a caracterização do estado químico das massas de águas subterrâneas e uma avaliação das tendências, para determinar o actual estado das massas e, assim, propor um conjunto de medidas necessárias para o cumprimento dos objectivos ambientais previstos na legislação em vigor (Lei da Água, LA; Directiva-Quadro da Água, DQA e Directiva Águas Subterrâneas, DAS).

As metodologias utilizadas para a avaliação do estado das massas de águas subterrâneas e das tendências de evolução encontram-se publicadas no Documento Guia n.º 18 "Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment", elaborado pelos Estados-membros da EU para apoiar a implementação da DQA, constituindo um Guia indispensável para o desenvolvimento desta componente.

No essencial, a classificação do estado das águas subterrâneas é efectuada através da análise de um conjunto de condições conhecidas pela realização de uma série de testes de classificação, aplicáveis para a avaliação dos estados quantitativo e qualitativo.

Para a avaliação de tendências seguiram-se os critérios de identificação de tendências significativas e persistentes para o aumento das concentrações de poluentes, e a definição dos pontos de partida para a inversão dessas tendências tal como referido no ponto 2.4.4 do anexo V da DQA e o estabelecido no ponto 5 do Art.º 17.º da DQA. Foi realizada a análise de tendências dos parâmetros, cumprindo os requisitos referidos em Grath *et al.* (2001).

A avaliação do estado e das tendências foi realizada utilizando como informação de base os dados de monitorização de vigilância e operacionais disponíveis na Administração de Região Hidrográfica do Tejo (ARH Tejo) (entre 2000 e 2010), tendo sido utilizado o período 2004/08 como anos de referência para a classificação do estado químico.

Neste artigo apresenta-se uma síntese do estado químico geral e das tendências significativas, para o Plano de Gestão da Região Hidrográfica do rio Tejo (PGRH Tejo) e para o Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste (PBH Oeste), de acordo com o disposto no Anexo VII do Decreto-Lei 77/2006, de 30 de Março.

**Palavras-chave:** águas subterrâneas, estado químico, tendências significativas, planos de bacia.

## 1. METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO ESTADO

### 1.1 Testes para avaliação do estado

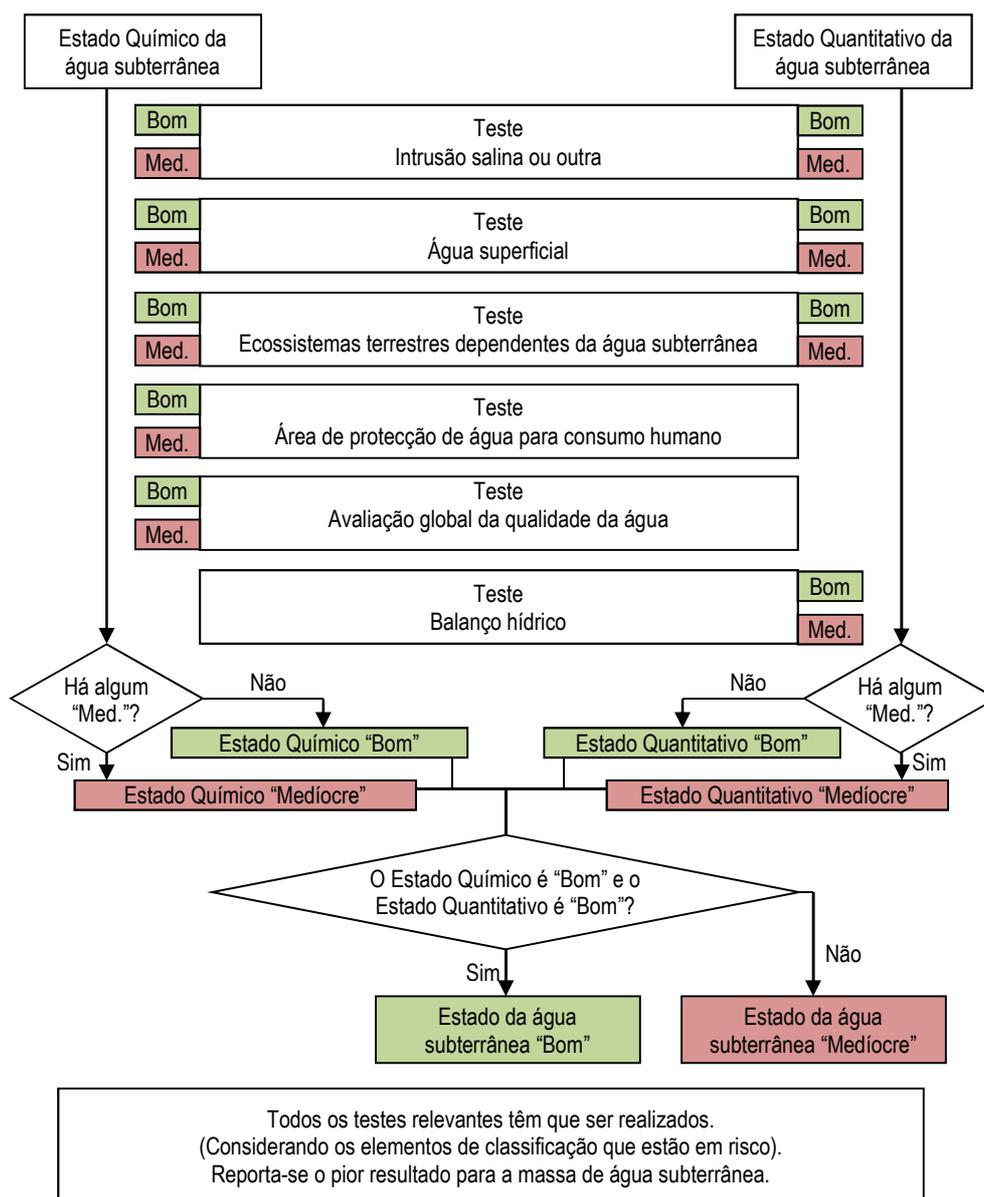
A metodologia utilizada para a avaliação do estado das massas de águas baseou-se no Documento Guia n.º 18 “Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment”, elaborado pelos Estados-membros da EU para apoiar metodologias de implementação comum da DQA. Neste documento refere-se que a avaliação do estado deve ser realizada utilizando como informação de base os dados de monitorização de vigilância e operacionais disponíveis obtidos durante o período de vigência dos planos, devendo o estado voltar a ser reavaliado no final do período de vigência do plano, de forma a verificar a efectividade dos programas de medidas.

De acordo com a Directiva das Águas Subterrâneas (DAS), a aplicação da metodologia de avaliação do estado das massas de águas subterrâneas apenas deve ser efectuada para as massas de águas subterrâneas em risco, e em relação ao receptor, e para cada poluente que contribui para a classificação da água subterrânea como estando em risco. As massas de águas subterrâneas que não estão em risco são classificadas automaticamente em “estado bom”. Não obstante, dado que a quase totalidade das massas de água está sujeita a pressões mais ou menos importantes, a avaliação do risco de não cumprirem os objectivos ambientais obriga sempre a que se faça uma avaliação do estado actual e das tendências de evolução dos parâmetros ligados ao estado químico.

A obtenção da classificação “estado bom” para as águas subterrâneas requer que se verifique um conjunto de condições através da realização de uma série de testes de classificação, aplicáveis para a avaliação dos estados quantitativo e qualitativo. A Figura 1 esquematiza estes testes. São cinco para o estado qualitativo e quatro para o estado quantitativo. Alguns dos testes são comuns aos dois estados.

Os testes, que são conduzidos para os elementos que estão em risco, devem ser feitos de forma independente, para cada ponto de água e parâmetro químico, e os resultados devem ser combinados para avaliar globalmente o estado químico e o estado quantitativo das massas de águas subterrâneas. Cada teste pode ter dois resultados “bom” ou “mediocre”.

O estado químico de uma massa de águas subterrâneas é dado pela pior classificação dos testes químicos relevantes para os elementos em risco. Se qualquer um dos testes dá o resultado “mediocre”, a massa de águas subterrâneas é globalmente classificada com o “estado mediocre”. Todos os testes relevantes devem ser feitos para cada massa de águas subterrâneas e esta avaliação não deve parar assim que o primeiro teste dê resultado “mediocre”.



(adaptado de European Commission, 2009)

Figura 1 – Procedimento genérico dos testes de classificação para avaliar o estado da água subterrânea (Lobo Ferreira *et al.*, 2011a e b)

A metodologia para avaliar o estado químico das massas de águas subterrâneas resulta da realização de um conjunto de testes relevantes (Figura 1) que decorrem da interpretação da definição do bom estado químico referida no Quadro 1 (definição do bom estado químico das águas subterrâneas, segundo o Decreto-Lei n.º 77/2006 e a DQA):

- Teste da intrusão salina: não há intrusão salina ou outras intrusões como consequência de alterações continuadas e claramente identificadas, de origem antropogénica, na direcção do escoamento;
- Teste de diminuição da qualidade química ou ecológica das massas de águas superficiais: não há diminuição significativa do quimismo das águas superficiais e/ou da ecologia devido à transferência de poluentes a partir das massas de águas subterrâneas que poderiam conduzir à falha dos objectivos relevantes expressos nos Art.ºs 45.º e 46.º

da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro (ou do Art.º 4.º da DQA) para quaisquer corpos hídricos superficiais associados;

- Teste de avaliação dos ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas (ETDAS): não há danos significativos nos ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas resultantes da transferência de poluentes a partir das massas de águas subterrâneas;
- Teste das áreas de protecção das águas de consumo: os estados-membros garantirão a necessária protecção das massas de água identificadas, a fim de evitar a deterioração da sua qualidade e de reduzir o nível de tratamentos de purificação necessário na produção de água potável (DL 208/2008, Art.º 4, 4.c e DQA, Art.º 7 (3));
- Teste da avaliação global do estado químico: não há um risco ambiental significativo dos poluentes na massa de águas subterrâneas nem há uma diminuição significativa na capacidade da massa de águas subterrâneas para suportar utilizações humanas.

Quadro 1 – 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>• 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 Art.º 17.º da Directiva-Quadro da Água;</li> <li>• Não são de molde a impedir que sejam alcançados os objectivos ambientais especificados nos termos dos Art.ºs 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 directamente dependentes da massa de águas subterrâneas.</li> </ul> <p>Podem ocorrer temporariamente, ou continuamente em áreas limitadas, alterações na direcção 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, susceptível de conduzir a tais intrusões.</p>
Condutividade	As modificações da condutividade não revelam a ocorrência de intrusões salinas ou outras na massa de águas subterrâneas.

A aplicação dos testes relevantes ao PGRH Tejo e PBH Oeste foi feita para todas as massas de águas subterrâneas, embora no caso de se ter confiança de que a massa de águas subterrâneas se encontra em bom estado químico (por exemplo por se saber que as pressões são inexistentes ou diminutas), fosse desnecessário realizar os testes. Neste artigo apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos, com destaque para o teste da avaliação global do estado químico e a análise de tendências, uma vez que se revelaram ser vinculativos na avaliação do estado. Para fazer o teste da avaliação global do estado químico é seguido o fluxograma proposto no Documento Guia n.º 18. Este teste é conduzido para cada parâmetro químico identificado como potencial influenciador do estado da massa de águas subterrâneas, através da resposta às seguintes três questões: 1 – É cumprido o critério do limiar ou da norma de qualidade das águas (NQA)? 2 – É cumprido o critério de 20% de área? 3 – É cumprido o critério da confiança?

Regista-se a ausência de informação acerca do estado de muitas das massas de águas

superficiais associadas ou dos ecossistemas terrestres dependentes que permitam avaliar o estado das massas de águas subterrâneas, não havendo nenhuma em estado medíocre por este motivo.

## 1.2 Normas, limiares e procedimentos para identificação do estado

A identificação dos poluentes e dos indicadores de poluição que contribuem para a classificação de uma massa de água cujo estado é inferior a bom é apresentada no Quadro 2. Nesse quadro apresenta-se uma síntese das normas e limiares de qualidade utilizados e sua origem legislativa.

Quadro 2 – Normas e limiares de qualidade para o estabelecimento do estado químico das massas de águas subterrâneas

Parâmetro	Unidade	Tipo de imposição	Valor
Condutividade eléctrica	µS/cm	LQ1 e LQ2	2500
pH		LQ2	5,5 – 9,0
Oxigénio dissolvido	mgO <sub>2</sub> /L	LQ2	-
Nitratos	mgNO <sub>3</sub> /L	NQ e LQ2	50
Azoto amoniacal	mgNH <sub>4</sub> /L	LQ1 e LQ2	0,5
Sulfatos	mgSO <sub>4</sub> /L	LQ1	250
Cloretos	mgCl/L	LQ1	250
Arsénio	mgAs/L	LQ1	0,01
Chumbo	mgPb/L	LQ1	0,01
Cádmio	mgCd/L	LQ1	0,005
Mercúrio	mgHg/L	LQ1	0,001
Tricloroetileno	µgTCE/L	LQ1	0,2
Tetracloroetileno	µgPCE/L	LQ1	0,3
Pesticidas	µg/L	NQ	0,1

Legenda:

NQ - Normas de Qualidade, Anexo I da DAS, DL 208/2008

LQ1 - Limiar de Qualidade, Anexo II da DAS, DL 208/2008 (definido em INAG, 2009)

LQ2 - Limiar de Qualidade, Anexo VII do DL 77/2006 (definido em INAG, 2009)

INAG (2009) estabelece excepções a estes valores de forma a distinguir entre o que é natural e o que tem origem antropogénica, para os parâmetros que podem existir naturalmente numa água subterrânea. Essas excepções estão descritas no Quadro 3, sendo respeitantes à área do PBH Oeste; não existem excepções para a área do PGRH Tejo. Assim, só se o limiar for ultrapassado, significa que poderá estar a haver uma contaminação com origem antropogénica e nesse caso dever-se-á proceder a uma investigação para se determinar qual a origem do incremento de um ou mais parâmetros.

Quadro 3 – Excepções para os limiares no âmbito do PBH Oeste (adaptado de INAG, 2009)

Parâmetro	Massa de águas subterrâneas com excepção	Limiar
Cloreto	O04RH4 – Orla Ocidental indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste	293 mgCl/L
Sulfato	O23 – Paço	542 mgSO <sub>4</sub> /L
pH	O25 – Torres Vedras	4,9

No presente trabalho, a avaliação do estado químico das massas de águas subterrâneas foi realizada utilizando como informação de base os resultados da monitorização de vigilância e operacional disponibilizados pela ARH Tejo, para o período de referência de 2004 a 2008.

A avaliação do estado químico foi efectuada para cada um dos pontos de monitorização de uma massa de águas subterrâneas, atendendo aos parâmetros químicos para os quais foram fixadas normas de qualidade ambiental (cf. Quadro 2 e Quadro 3). Este cálculo dos valores médios foi efectuado apenas para as análises que apresentaram valores acima dos limites de detecção. Esta

opção foi tomada para evitar entrar em conta com os valores (ou ainda a opção de metade dos valores) dos limites de detecção que, além de poderem ser diferentes entre análises (p.e. no caso dos pesticidas dependente do número de análises efectuadas), apresentam frequentemente valores que são superiores aos valores positivos medidos noutras análises. Com esta opção tomada, o valor da média corresponde, na maioria dos casos, ao valor por excesso.

A análise de tendências dos parâmetros foi realizada utilizando o método não paramétrico de regressão LOESS, recomendado pelo documento técnico de apoio à implementação da DQA (Grath *et al.*, 2001), recorrendo à aplicação informática desenvolvida no âmbito do mesmo projecto: GWStat (Quo Data, 2001).

### 1.3 Representação matricial e geográfica

A avaliação global do estado de cada massa de águas subterrâneas (resultado do conjunto dos testes) é representada num mapa do estado químico das águas subterrâneas, colorido de acordo com o seguinte esquema, definido no Anexo VII, 2.5 do DL n.º 77/2006: Bom - verde; Mediocre - vermelho.

Os mapas com a indicação das tendências detectadas seguiram o estabelecido no DL n.º 77/2006, quanto à coloração das bolas: a azul são indicadas as massas de água onde foi detectada tendência de decréscimo no valor de pelo menos um dos parâmetros, desde que não houvesse outros com tendência inversa; a preto são indicadas as massas de água em que, para pelo menos um dos parâmetros, foi detectada tendência significativa e constante de subida de um parâmetro em resultado do impacte da actividade humana.

## 2. AVALIAÇÃO DO ESTADO QUÍMICO DAS MASSAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 2.1 PGRH Tejo

Os resultados da análise das pressões e dos seus impactes na qualidade das águas subterrâneas da região do PGRH Tejo permitem determinar um conjunto de cinco, das 15 massas de águas subterrâneas, em risco de não virem a cumprir os objectivos de qualidade da água definidos na Directiva-Quadro da Água.

As massas de águas subterrâneas cujo estado é inferior a bom são: T7 - Aluviões do Tejo, A4 - Estremoz-Cano, O28 - Pisões-Atrozela e A3 - Monforte Alter do Chão. A massa T3 - Bacia Tejo-Sado Margem Esquerda, embora esteja em estado químico bom, apresenta tendência de subida de:  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  cujos valores ultrapassaram os 75% do valor limite regulamentar. Na massa de águas subterrâneas T7 - Aluviões do Tejo os parâmetros responsáveis por esta classificação do estado químico mediocre são:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ . Dezasseis dos 44 pontos de monitorização (36,4%) apresentam valor médio de  $\text{NO}_3^-$  superior à NQA. Onze dos 42 pontos de monitorização com análise apresentam valor médio de  $\text{NH}_4^+$  superior ao limiar (0,5 mg $\text{NH}_4/\text{L}$ ). Na massa de águas subterrâneas A4 - Estremoz-Cano, cinco dos 17 pontos analisados apresentam valor médio de  $\text{NO}_3^-$  superior à NQA e 22% das amostras estão acima da NQA. Na massa de águas subterrâneas O28 - Pisões-Atrozela os parâmetros responsáveis pelo estado mediocre são  $\text{NH}_4^+$ , As, Pb e pesticidas. As médias destes elementos excedem os limiares em 50% dos pontos (1 de 2 pontos com análises), sendo nesse ponto os resultados de várias análises acima dos respectivos limiares ou NQA. Na massa de águas subterrâneas A3 - Monforte Alter do Chão 3 dos 13 pontos analisados apresentam valor médio de  $\text{NO}_3^-$  superior à NQA e 21% das amostras estão acima da NQA.

A síntese da análise das tendências é apresentada no Quadro 4. Para os parâmetros mercúrio, tricloroetileno, tetracloretileno, e pesticidas totais não existe informação em quantidade e frequência suficiente para cumprir os critérios de análise indicados acima. O mesmo se repetiu para muitos outros parâmetros em algumas das massas de água.

O resultado da aplicação do conjunto de quatro testes do estado químico é apresentado na Figura 2, com destaque para os resultados do estado químico geral e das tendências significativas que estão na origem do estado medíocre. O conjunto de testes conduzidos para as massas de águas superficiais associadas e para os ecossistemas terrestres dependentes das águas subterrâneas não permitiram a classificação de estado medíocre, embora em muitos casos a informação fosse insuficiente.

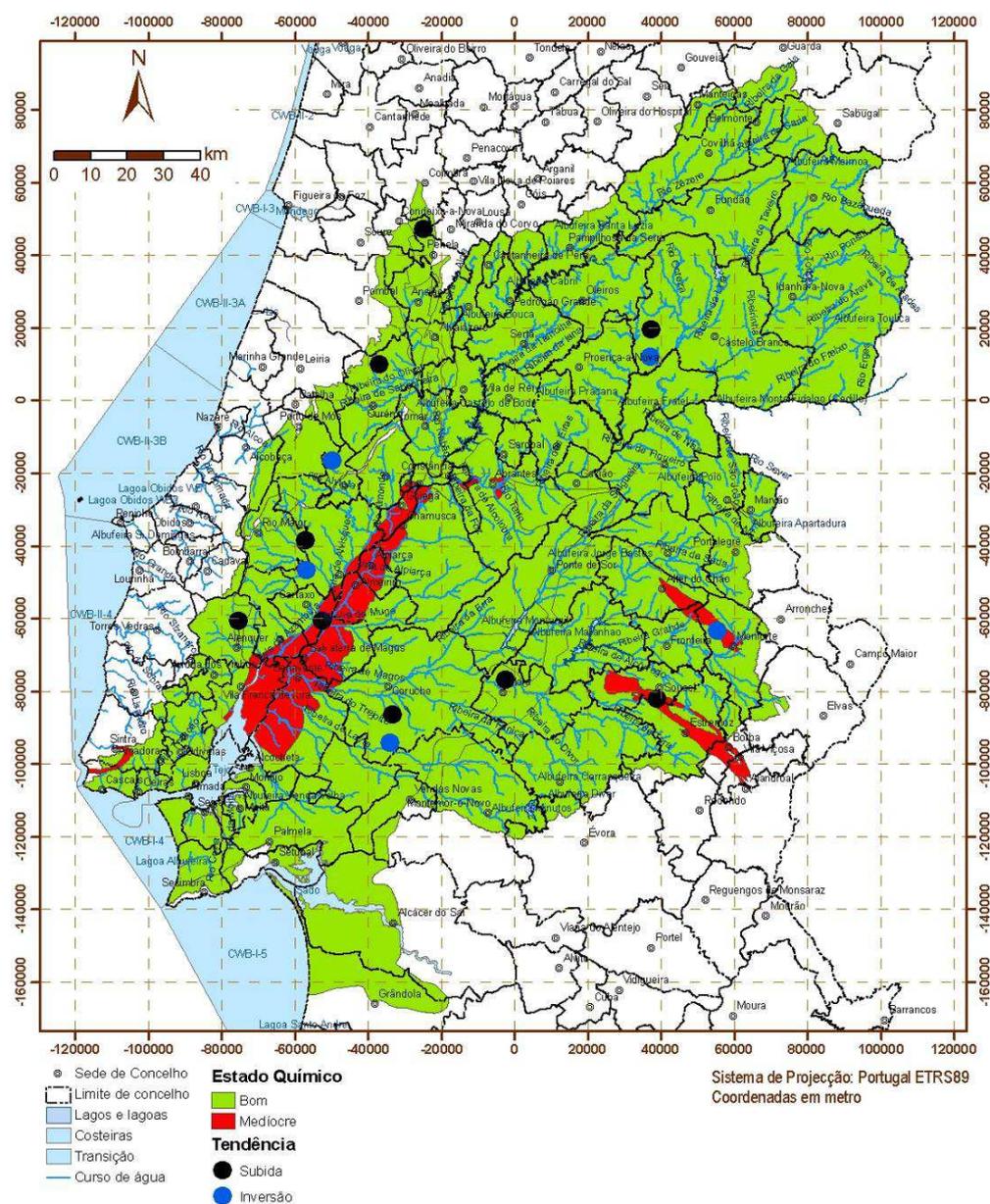


Figura 2 – Síntese do Estado Químico geral e das tendências significativas e constantes das águas subterrâneas do PGRH Tejo (Lobo Ferreira *et al.*, 2011a)

Quadro 4 – Análise de tendências das águas subterrâneas do PGRH Tejo (Lobo Ferreira *et al.*, 2011a)

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
A0x1RH5 – Maciço Antigo indiferenciado da Bacia do Tejo	-	↑ (0,000021)	↑ (0,0198)	↓ (0,0047)	•	•	-	•	•	•	-	-	-
A2 – Escusa	-	•	-	-	•	•	-	•	•	•	-	-	-
A3 – Monforte-Alter do Chão	-	•	-	-	•	•	-	↓ (0,0319)	•	•	-	-	-
A4 – Estremoz-Cano	-	•	-	-	•	•	-	↑ (0,0084)	•	•	-	-	-
O01RH5 – Orla Ocidental indiferenciado da Bacia do Tejo	-	•	-	-	•	•	-	-	•	•	-	-	-
O9 – Penela-Tomar <sup>a)</sup>	-	-	-	-	•	•	-	↑ (0,0275)	↓ (0,0127)	•	-	-	-
O11 – Sicó-Alvaiázere <sup>a)</sup>	-	-	-	-	•	•	-	•	•	•	-	-	-
O15 – Ourém	-	↑ (0,0263)	•	-	•	↑ (0,0036)	-	-	•	•	-	-	-
O20 – Maciço Calcário Estremenho <sup>a)</sup>	-	•	•	•	•	↓ (0,0002)	-	•	•	↓ (0,0017)	-	-	-
O26 – Ota-Alenquer	-	-	-	-	•	•	-	-	↑ (0,0114)	-	-	-	-
O28 – Pisões-Atrozela	-	•	-	-	•	•	-	-	-	-	-	-	-
T01RH5 – Bacia Tejo-Sado indiferenciado da Bacia do Tejo	-	↑ (0,0414)	-	-	↑ (0,0007)	↑ (0,0001)	-	•	↑ (0,0003)	•	-	-	-
T1 – Bacia do Tejo-Sado / Margem Direita	•	↑ (0,0004)	↓ (0,0026)	•	•	•	-	•	•	↓ (0,0099)	-	-	-
T3 – Bacia do Tejo-Sado / Margem Esquerda	•	↑ (0,0053)	•	↓ (0,0328)	•	•	-	↑ (0,0001)	•	↓ (0,0139)	-	-	-
T7 – Aluviões do Tejo	•	•	•	•	•	↑ (0,001)	-	•	•	↑ (0,0189)	-	-	-

↓: tendência estatisticamente significativa de descida ( $\alpha=0,05$ ) – entre parênteses é indicado o valor de p; ↑: tendência estatisticamente significativa de subida ( $\alpha=0,05$ );

•: sem tendência estatisticamente significativa de subida ou descida ( $\alpha=0,05$ ); -: dados insuficientes para realizar o teste. <sup>a)</sup> Massa de águas subterrâneas afecta à RH4.

Tendo em conta a análise das fontes de poluição tópica e difusa, e os resultados da avaliação do estado químico das massas de água subterrâneas, indicam-se no Quadro 5 as situações existentes que podem pôr em causa o cumprimento dos objectivos ambientais.

Quadro 5 – Estado Químico das massas de águas subterrâneas do PGRH Tejo e fontes de poluição tópica e difusa com impacte (Lobo Ferreira *et al.*, 2011a)

Massa de águas subterrâneas	Cumprido o critério do limiar ou NQA?	Resultado do teste	Sectores relacionados
A0x1RH5 - Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Tejo	Não: As, Pb, pH, NO <sub>3</sub> , Cl <sup>-</sup>	Bom	Agricultura; pecuária; indústria transformadora; lixeiras encerradas; indústria extractiva abandonada
A2 - Escusa	Sim	Bom	-
A3 - Monforte - Alter do Chão	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Medíocre	Pecuária; agricultura; lixeiras encerradas; fossas sépticas, bovinicultura
A4 - Estremoz - Cano	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , As	Medíocre	Agricultura; bovinicultura; lixeiras encerradas; fossas sépticas; lagares de azeitona, bagaço e viticultura
O01RH5 - Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Tejo	Não: NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Bom	Agricultura; pecuária; lixeiras encerradas
O9 - Penela-Tomar <sup>a)</sup>	Não: pesticidas; Pb	Bom	Agricultura; lixeiras encerradas
O11 - Sicó – Alvaiázere <sup>a)</sup>	Não: NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Bom	-
O15 - Ourém	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Bom	Agricultura
O20 - Maciço Calcário Estremenho <sup>a)</sup>	Não: pesticidas; As	Bom	Agricultura; lixeiras encerradas; outros passivos ambientais
O26 - Ota – Alenquer	Não: SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Bom	Agricultura
O28 - Pisões – Atrozela	Não: NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , As, Pb, pesticidas	Medíocre	Agricultura; campos de golfe; indústria transformadora; fossas sépticas; autódromo do Estoril
T01RH5 - Bacia do Tejo-Sado Indiferenciado da Bacia do Tejo	Sim	Bom	-
T1 - Bacia do Tejo- Sado / Margem Direita	Não: Pb, Cl <sup>-</sup> , As, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , pesticidas	Bom	Agricultura; indústria transformadora; lixeiras encerradas; outros passivos ambientais
T3 - Bacia do Tejo-Sado / Margem Esquerda	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Pb, As, Cl <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Bom	Pecuária; agricultura; indústria transformadora; lixeiras encerradas; outros passivos ambientais
T7 - Aluviões do Tejo	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , pesticidas, As, PCE, Pb, Cl <sup>-</sup> , CE	Medíocre	Pecuária; agricultura; indústria transformadora; lixeiras encerradas; bovinicultura; fossas sépticas

a) Massa de águas subterrâneas afecta à RH4.

## 2.2 PBH Oeste

Os resultados da análise qualidade das águas subterrâneas da região do PBH Oeste permitem determinar um conjunto de quatro, das sete massas de águas subterrâneas, em estado químico medíocre (pelo menos, um parâmetro cuja média excede o limiar ou a norma em mais de 20% dos pontos analisados) e/ou com tendência estatisticamente significativa de subida de pelo menos um parâmetro cujo valor ultrapassou os 75% do valor limite regulamentar.

As massas de águas subterrâneas cujo estado é inferior a bom são: O19 – Alpedriz, dois de sete

pontos apresentam valor médio de azoto amoniacal acima do limiar; O23 – Paço, dois de quatro pontos apresentam valor médio de nitrato superior à NQA e 63,2% das amostras estão acima da NQA; O25 - Torres Vedras, dois dos nove pontos com análises de arsénio apresentam valores superior ao limiar e O33 - Caldas da Rainha – Nazaré, seis dos dezassete pontos com análises apresentam valor médio de nitrato superior à NQA (35% dos pontos). No entanto, há ainda diversos outros elementos cuja média excede o limiar ou a norma (cf. segunda coluna do Quadro 7), mas em menos de 20% dos pontos analisados ou que não cumprem o critério da confiança.

A síntese da análise das tendências é apresentada no Quadro 6. Para os parâmetros mercúrio, tricloroetileno, tetracloroetileno, e pesticidas totais não existe informação em quantidade e frequência suficiente para cumprir os critérios de análise indicados acima. O mesmo se repetiu para muitos outros parâmetros em algumas das massas de água.

O estado químico foi avaliado aplicando o conjunto de quatro testes previstos na DQA apresentando-se na Figura 3 a síntese dessa avaliação, com destaque para os resultados do estado químico geral e das tendências significativas que estão na origem do estado medíocre.

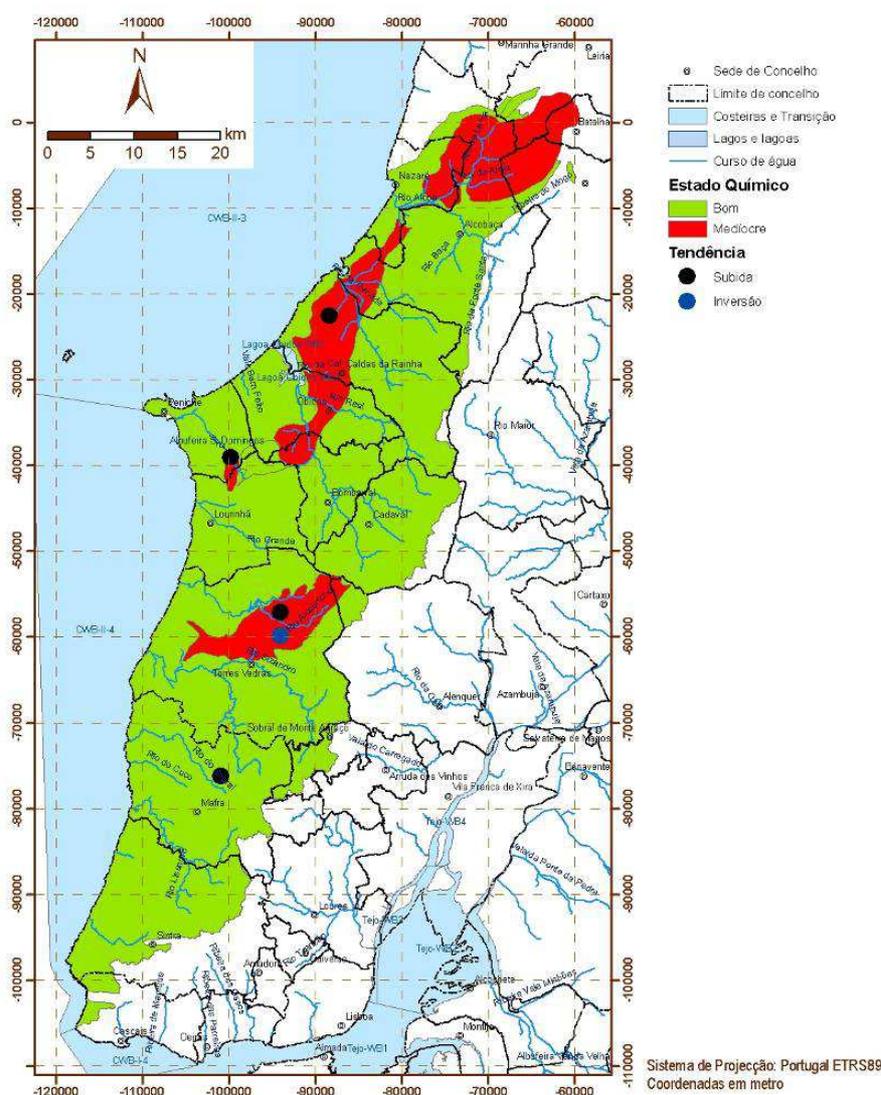


Figura 3 – Síntese do estado químico geral e das tendências significativas e constantes das águas subterrâneas do PBH Oeste (Lobo Ferreira *et al.*, 2011b)

Quadro 6 – Análise de tendências das águas do PBH Oeste (Lobo Ferreira *et al.*, 2011b)

Massa de águas subterrâneas	As	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cd	Pb	Cl <sup>-</sup>	CE	Hg	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	TCE	PCE	Pest. Total
O04RH4 - Orla Ocidental indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste	•	•	↑ (0,0013)	•	•	•	-	•	•	-	-	-
O18 - Maceira	-	-	-	-	•	•	-	•	•	-	-	-
O19 - Alpedriz	-	-	-	-	•	•	-	•	•	-	-	-
O23 - Paço	-	•	-	-	•	•	-	↑ (0,0003)	•	-	-	-
O24 - Cesareda	-	-	-	-	•	•	-	-	•	-	-	-
O25 - Torres Vedras	-	-	•	↓ (0,0067)	•	•	-	↑ (0,0023)	•	-	-	-
O33 – Caldas da Rainha-Nazaré	-	•	-	-	↑ (0,0003)	↑ (3x10 <sup>-8</sup> )	-	↑ (0,0227)	↑ (0,0048)	-	-	-

↓: tendência estatisticamente significativa de descida ( $\alpha=0,05$ ) – entre parênteses é indicado o valor de p; ↑: tendência estatisticamente significativa de subida ( $\alpha=0,05$ ); •: sem tendência estatisticamente significativa de subida ou descida ( $\alpha=0,05$ ); -: dados insuficientes para realizar o teste.

Tendo em conta a análise das fontes de poluição tópica e difusa e os resultados da avaliação do estado químico das massas de água subterrâneas, indicam-se no Quadro 7 as situações existentes que podem pôr em causa o cumprimento dos objectivos ambientais.

Quadro 7 – Estado químico das massas de águas subterrâneas do PBH Oeste e fontes de poluição tópica e difusa com impacte (Lobo Ferreira *et al.*, 2011b)

Massa de águas subterrâneas	Cumprido o critério do limiar ou NQA?	Resultado do teste	Sectores relacionados
O04RH4 Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste	Não: SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , As, Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , pesticidas, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> e Pb	Bom	Indústria transformadora; lixeiras encerradas; pecuária (avicultura); agricultura
O18 Maceira	Não: As	Bom	-
O19 Alpedriz	Não: As e NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Medíocre	Agricultura; bovinicultura
O23 Paço	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> e NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Medíocre	Actividade agrícola; fossas sépticas; lixeiras encerradas; pecuária (avicultura)
O24 Cesareda	Sim	Bom	-
O25 Torres Vedras	Não: As, Cl <sup>-</sup> , pesticidas e NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Medíocre	Lixeiras encerradas; aterros sanitários; fossas sépticas; ind. transformadora; agro-indústria; pecuária (avicultura); agricultura
O33 Caldas da Rainha-Nazaré	Não: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , pesticidas, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CE, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> e pH	Medíocre	Pecuária (bovinicultura e avicultura); fossas sépticas; agricultura

### 3. OBJECTIVOS PARA A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

#### 3.1 OBJECTIVOS ESTRATÉGICOS

O principal objectivo dentro desta área temática é alcançar o bom estado das águas subterrâneas, para o que se deve assegurar a protecção, melhoria e recuperação de todas as massas

de água subterrâneas e inverter quaisquer tendências significativas persistentes para o aumento da concentração de poluentes que resulte do impacto da actividade humana, com vista a reduzir gradualmente os seus níveis de poluição.

Em relação ao PGRH Tejo, as massas de águas subterrâneas que presentemente não cumprem os objectivos de qualidade pretendidos são as seguintes: Monforte – Alter do Chão; Estremoz – Cano; Pisões – Atrozela e Aluviões do Tejo. A Bacia do Tejo-Sado Margem Esquerda também apresenta tendências estatisticamente significativas de subida dos nitratos e azoto amoniacal. Os objectivos propostos vão no sentido de assegurar a redução gradual da poluição das águas subterrâneas e evitar o agravamento da sua poluição. Para as restantes massas de águas subterrâneas (Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Tejo, Escusa, Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Tejo, Penela-Tomar, Sicó-Alvaiázere, Ourém, Maciço Calcário Estremenho, Ota-Alenquer, Bacia Tejo-Sado Indiferenciado da Bacia do Tejo e Bacia Tejo-Sado Margem Direita), os objectivos são evitar a continuação da degradação e proteger e melhorar o estado dos ecossistemas aquáticos e também dos ecossistemas terrestres e zonas húmidas directamente dependentes dos ecossistemas aquáticos, no que respeita às suas necessidades de água.

Em relação ao PBH Oeste, as massas de águas subterrâneas que presentemente não cumprem os objectivos de qualidade pretendidos são as seguintes: Alpedriz; Paço; Torres Vedras e Caldas da Rainha – Nazaré. Os objectivos propostos vão no sentido de assegurar a redução gradual da poluição das águas subterrâneas e evitar o agravamento da sua poluição. Para as restantes massas de águas subterrâneas (Maceira, Cesareda e Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste), os objectivos são evitar a continuação da degradação e proteger e melhorar o estado dos ecossistemas aquáticos e também dos ecossistemas terrestres e zonas húmidas directamente dependentes dos ecossistemas aquáticos, no que respeita às suas necessidades de água.

### 3.2 OBJECTIVOS AMBIENTAIS

No Quadro 8 apresentam-se as massas de águas subterrâneas do PGRH Tejo que devem apresentar o estado bom em 2015, i.e. pertencem ao grupo 1 – sem aplicação de derrogação/prorrogação. No Quadro 9 apresenta-se o calendário para as massas de águas subterrâneas que devem alcançar o estado bom até 2027, apresentando as justificações fundamentadas para que este objectivo não esteja atingido em 2015.

Quadro 8 – Calendário para cada massa de água do PGRH Tejo com os prazos em que se prevê atingir os objectivos ambientais em 2015 (Lobo Ferreira *et al.*, 2011a)

Massa de águas subterrâneas	Mantido ou melhorado	Atingido
A0x1RH5 - Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Tejo	X	
A2 - Escusa	X	
A3 - Monforte - Alter do Chão		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Problemas de qualidade apenas para o elemento químico responsável pelo estado medíocre da massa (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</li> <li>▪ Tendência estatisticamente significativa já decrescente do NO<sub>3</sub><sup>-</sup></li> <li>▪ É carbonatado, pelo que apresenta boa dinâmica de escoamento</li> </ul>
O01RH5 - Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Tejo	X	
O9 - Penela-Tomar <sup>a)</sup>	X	
O11 - Sicó-Alvaiázere <sup>a)</sup>	X	

Massa de águas subterrâneas	Mantido ou melhorado	Atingido
O15 - Ourém	X	
O20 - Maciço Calcário Estremenho <sup>a)</sup>	X	
O26 - Ota-Alenquer	X	
O28 - Pisões-Atrozela		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diversos problemas de qualidade (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, As, Pb, pesticidas), limitados no espaço, e responsáveis pelo estado medíocre da massa</li> <li>▪ Há muito poucos dados; não permitiram avaliar tendências</li> <li>▪ É carbonatado, pelo que apresenta boa dinâmica de escoamento</li> </ul>
T01RH5 - Bacia Tejo-Sado Indiferenciado da Bacia do Tejo	X	
T1 - Bacia Tejo-Sado Margem Direita	X	
T3 - Bacia Tejo-Sado Margem Esquerda	X	

<sup>a)</sup> Massa de águas subterrâneas afecta à RH4.

Quadro 9 – Calendário para cada massa de água do PGRH Tejo com os prazos em que se prevê atingir os objectivos ambientais até 2027 (Lobo Ferreira *et al.*, 2011a)

Massa de águas subterrâneas	Estado bom até 2021	Estado bom até 2027
A4 - Estremoz-Cano	<p>Exequibilidade técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diversos problemas de qualidade (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e As)</li> <li>▪ O NO<sub>3</sub><sup>-</sup> é o único responsável pelo estado medíocre da massa e apresenta tendência estatisticamente significativa de subida</li> <li>▪ É carbonatado, pelo que apresenta boa dinâmica de escoamento</li> </ul>	
T7 - Aluviões do Tejo		<p>Exequibilidade técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diversos problemas de qualidade (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, pesticidas, As, PCE, Pb, Cl<sup>-</sup>, CE)</li> <li>▪ O NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> são os responsáveis pelo estado medíocre da massa</li> <li>▪ A CE e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> apresentam tendências estatisticamente significativas de subida</li> <li>▪ Tem uma dinâmica de escoamento relativamente lenta</li> </ul>

No Quadro 10 apresentam-se as massas de águas subterrâneas do PBH Oeste que devem apresentar o estado bom em 2015. No Quadro 11 apresenta-se o calendário para as massas de águas subterrâneas em que se prevê alcançarem o estado bom até 2027, apresentando as justificações fundamentadas para que este objectivo não esteja atingido em 2015, i.e. pertencem ao grupo 2 – com aplicação de prorrogação [DQA 4(4)]. Não se prevêem situações onde o estado bom não seja atingido até 2027 nem situações de não violação para as massas de águas subterrâneas destes Planos.

Quadro 10 – Calendário para cada massa de água do PBH Oeste com os prazos em que se prevê atingir os objectivos ambientais em 2015 (Lobo Ferreira *et al.*, 2011b)

Massa de águas subterrâneas	Mantido ou melhorado	Atingido
O04RH4 - Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste	X	
O18 - Maceira	X	
O19 - Alpedriz		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Problemas de qualidade (<math>\text{NH}_4^+</math>) relativamente limitados no espaço</li> </ul>
O23 - Paço		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Problemas de qualidade (<math>\text{NO}_3^-</math> e <math>\text{NH}_4^+</math>) relativamente limitados no espaço</li> <li>▪ Tendência estatisticamente significativa de subida do <math>\text{NO}_3^-</math> (o elemento químico responsável pelo estado medíocre)</li> </ul>
O24 - Cesareda	X	

Quadro 11 – Calendário para cada massa de água do PBH Oeste com os prazos em que se prevê atingir os objectivos ambientais até 2027 (Lobo Ferreira *et al.*, 2011b)

Massa de águas subterrâneas	Estado bom até 2021	Estado bom até 2027
O25 - Torres Vedras	<p>Exequibilidade técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diversos problemas de qualidade (As, Cl<sup>-</sup>, pesticidas e <math>\text{NH}_4^+</math>) relativamente limitados no espaço</li> <li>▪ O As é o único responsável pelo estado medíocre da massa</li> <li>▪ Tendência estatisticamente significativa de subida do nitrato</li> </ul>	
O33 - Caldas da Rainha – Nazaré		<p>Exequibilidade técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diversos problemas de qualidade (<math>\text{NO}_3^-</math>, Cl<sup>-</sup>, pesticidas, <math>\text{SO}_4^{2-}</math>, CE, <math>\text{NH}_4^+</math> e pH) numa extensa área</li> <li>▪ O <math>\text{NO}_3^-</math> é o único responsável pelo estado medíocre da massa</li> <li>▪ Tendência estatisticamente significativa de subida de: <math>\text{NO}_3^-</math>, Cl<sup>-</sup>, <math>\text{SO}_4^{2-}</math>, CE</li> </ul>

#### 4. PROGRAMAS DE MEDIDAS E CONCLUSÕES

A preparação do conjunto de medidas apresentadas (Lobo Ferreira *et al.*, 2011a e b) teve por base dois aspectos essenciais: a caracterização actual da região hidrográfica, em termos do estado quantitativo e químico das massas de águas subterrâneas, e a identificação das pressões potencialmente associadas a esse estado. As medidas emanam desse cruzamento, elencando o conjunto de acções necessárias para inverter as situações negativas directamente ligadas a pressões, de forma a proteger, manter, melhorar ou recuperar as massas de águas subterrâneas, com o objectivo de atingirem o estado bom o mais cedo possível.

A análise feita no âmbito deste Plano foi entrecruzada com as metas exigidas pelos diferentes instrumentos legais em vigor, bem como com diferentes planos e programas em curso no país, de que se destacam o Plano da ARH Tejo para 2011, PANCD (Plano de Acção Nacional de Combate à Desertificação), PDR 2007-2013 (Plano Estratégico Nacional do Desenvolvimento Rural) PEAASAR II (Plano Estratégico de Abastecimento de Águas e Saneamento de Águas Residuais), PERSU II 2007-2016 (Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos), PNDFCI (Plano Nacional de Defesa da

Floresta Contra Incêndios), PNPOT (Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território), PNUEA (Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água), entre outros). Foram, ainda, tidos em conta os aspectos relevantes do QREN, INAG e autarquias.

As medidas foram organizadas em medidas de base e suplementares, consoante se tratava de medidas visam o cumprimento dos objectivos ambientais previstos na legislação em vigor ou de garantir uma maior protecção ou uma melhoria adicional das águas sempre que tal seja necessário.

As medidas de base compreendem as medidas, os projectos e as acções necessários para conduzir um programa de requisitos mínimos do cumprimento dos objectivos ambientais previstos na legislação em vigor, tal como vem referido no n.º 3 do Art.º 30.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, e n.º 1 do Art.º 5.º do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de Março (n.º 34, Parte 6, Vol. I, P. n.º 1284/2009).

As medidas suplementares visam garantir uma maior protecção ou uma melhoria adicional das águas sempre que tal seja necessário, nomeadamente para o cumprimento de acordos internacionais e englobam as medidas, os projectos e as acções previstas no n.º 6 do Art.º 30.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, e o n.º 2 do Art.º 5.º do Decreto -Lei n.º 77/2006, de 30 de Março (cf. n.º 35, Parte 6, Vol. I, Portaria n.º 1284/2009). As medidas adicionais são aplicadas às massas de água em que não é provável que sejam alcançados os objectivos ambientais.

Nesta comunicação apresenta-se uma síntese do estado químico (o estado quantitativo foi bom para todas as massas de águas subterrâneas), objectivos e medidas traçados com o objectivo de cumprimento dos objectivos ambientais previstos na legislação em vigor.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Plano de Gestão da Região Hidrográfica do rio Tejo e do Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste – Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos (Proc. 0607/11/17628) e do estudo “Protecção e Gestão Sustentável Qualitativa dos Recursos Hídricos Subterrâneos” (Proc. 0607/11/17761), Plano de Investigação Programada do LNEC, 2009/12.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

European Commission (2009). "Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC)". Guidance Document No.18, Technical Report - 2009. 026, 82 pp.

Grath, J., Scheidleder, A., Uhlig, S., Weber, K., Kralik, M., Keimel, T., Gruber, D. (2001). "The EU Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results. Final Report". Austrian Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management (Ref.: 41.046/01-IV1/00 and GZ 16 2500/2-I/6/00), EU (Grant Agreement Ref.: Subv 99/130794), in kind contributions by project partners. Vienna. 63 pp.

INAG (2009). "Estabelecimento de limiares nas águas subterrâneas". Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Instituto da Água, I. P., Departamento de Monitorização e Sistemas de Informação do Domínio Hídrico, Divisão de Qualidade da Água, 261 pp.

Lobo Ferreira, J.P., Pinto, I.V., Monteiro, J.P., Leitão, T.E., Oliveira, M.M., Nunes, L., Novo, M.E., Salvador, N., Nunes, J.F., 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. (2011a). "Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo. Conteúdos para consulta pública. Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos. Hidroprojecto-LNEC-ICCE, Agosto de 2011", 1013 pp.

Lobo Ferreira, J.P., Pinto, I.V., Monteiro, J.P., Leitão, T.E., Oliveira, M.M., Nunes, L., Novo, M.E., Salvador, N., Nunes, J.F., 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. (2011b). "Plano das Bacias Hidrográficas das Ribeiras do Oeste. Conteúdos para consulta pública. Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos. Hidroprojecto-LNEC-ICCE, Agosto de 2011", 564 pp.