

Plano de Gestão das Bacia Hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis Integradas na Região Hidrográfica 4

Parte 2 – Caracterização Geral e Diagnóstico

6.2 – Relações entre o estado e as pressões que são responsáveis por este estado

**Junho de 2012
(Revisão Final)**

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 6. Massas de água caracterizadas por o estado ser inferior a “Bom” | 7 |
| 6.2. Relações entre o Estado e as Pressões que são Responsáveis por este Estado.7 | 7 |
| 6.2.1. Águas de Superfície | 7 |
| 6.2.1.1. Massas de Água “Rio” | 12 |
| 6.2.1.2. Massas de Água “Albufeiras” - Lagos fortemente modificados | 28 |
| 6.2.1.3. Massas de Água de “Transição” | 28 |
| 6.2.1.4. Massas de Água “Costeira” | 30 |
| 6.2.2. Águas Subterrâneas | 31 |
| 6.2.2.1. Estado Quantitativo | 31 |
| 6.2.2.2. Estado Químico | 32 |

Referências Bibliográficas

FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 6.2.1 - Localização das instalações de tratamento de efluentes urbanos (ETAR, Fossas Sépticas) e pontos de descarga de água residual urbana não tratada vs. M_bacias associadas às massas de água de superfície com estado inferior a “Bom”. | 9 |
| Figura 6.2.2 - Localização das indústrias transformadoras vs. M_bacias associadas às massas de água de superfície com estado inferior a “Bom”. | 10 |
| Figura 6.2.3 - Localização das indústrias agropecuárias vs. M_bacias associadas às massas de água de superfície com estado inferior a “Bom” | 11 |
| Figura 6.2.4 - Cargas específicas de CBO ₅ provenientes dos efluentes urbanos. | 13 |
| Figura 6.2.5 - Cargas específicas de CBO ₅ provenientes das suiniculturas. | 14 |
| Figura 6.2.6 - Cargas específicas de CBO ₅ provenientes das indústrias transformadores. .. | 15 |
| Figura 6.2.7 - Cargas específicas de CBO ₅ provenientes das adegas. | 16 |
| Figura 6.2.8 - Cargas específicas de CBO ₅ provenientes dos laticínios. | 17 |
| Figura 6.2.9 - Cargas específicas de CBO ₅ provenientes da indústria outras indústrias agro-alimentares..... | 18 |
| Figura 6.2.10 - Cargas específicas de Azoto provenientes da agricultura. | 19 |
| Figura 6.2.11 - Cargas específicas de Azoto provenientes da agro-pecuária. | 20 |
| Figura 6.2.12 - Cargas específicas de Fósforo provenientes da agricultura. | 21 |
| Figura 6.2.13 - Cargas específicas de Fósforo provenientes da agro-pecuária. | 22 |
| Figura 6.2.14 - Estado Quantitativo das massas de água subterrâneas. | 31 |
| Figura 6.2.15 - Estado Químico das massas de água subterrâneas. | 34 |



QUADROS

Quadro 6.2.1 – Índice de vulnerabilidade da massa de águas subterrânea do Quaternário de Aveiro e pressão identificada como responsável pelo estado químico medíocre32

Quadro 6.2.2 – Índice de vulnerabilidade da massa de águas subterrânea da Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Vouga e pressão identificada como responsável pelo estado químico medíocre33

FICHA TÉCNICA

Cliente

ARH do Centro, I.P. – Administração da Região Hidrográfica do Centro, I.P.

Referência do Projeto

Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos rios Vouga, Mondego e Lis

Descrição do Documento

Massas de água caracterizadas por o estado ser inferior a “Bom” - Relações entre o Estado e as Pressões que são Responsáveis por este Estado

Referência do Ficheiro

RH4_P2_S6_2_RT_final.docx

N.º de Páginas

35

Autores

Eng.º Carlos Raposo

Doutor Luis Ribeiro

Eng.ª Teresa Gamito

Outras Contribuições

Dr.ª Ana Buxo

Eng.ª Catarina Zózimo

Dr. David da Fonte

Eng.º Hélder Rodrigues

Eng.º João Cabrita

Eng.º João Nascimento

Eng.ª Rita Rêgo

Diretor de Projeto

Engº Rui Coelho

Data da 1.ª versão

30 de Março de 2011

REGISTO DE ALTERAÇÕES

| Revisão / Verificação | Data | Responsável | Descrição |
|--------------------------|------------|---------------------|---|
| 01 | 11/07/2011 | Eng.º Carlos Raposo | Retificação do documento tendo por base as alterações realizadas em capítulos anteriores |
| 02 | 24/10/2011 | Eng.º Carlos Raposo | Retificação do documento tendo por base as alterações realizadas em capítulos anteriores |
| Final | Junho 2012 | Eng.º Carlos Raposo | Retificação do documento com base em dados revistos dos volumes de água subterrânea extraídos |
| | | | |

6. Massas de água caracterizadas por o estado ser inferior a “Bom”

Relações entre o Estado e as Pressões que são Responsáveis por este Estado

Neste capítulo pretende-se associar as pressões decorrentes de ações antropogénicas, referenciadas na Secção 2 da Parte 2 do presente relatório, que de algum modo possam ter influência na degradação das massas de água, impactos esses que podem dificultar o cumprimento dos objetivos da Lei da Água/ Diretiva Quadro da Água (DQA).

Para esse efeito, são consideradas as pressões significativas que, individualmente ou em conjunto com outros tipos de pressão, produzem um impacto sobre as massas de água recetoras que cause a violação de pelo menos um dos critérios estabelecidos para as boas condições de suporte aos elementos biológicos (“Estado/ Potencial Ecológico”) e boas condições químicas (“Estado Químico”) e, consequentemente, contribua para a atribuição de estados inferiores a “Bom”. A avaliação do estado das massas de água que serve de suporte para o desenvolvimento deste capítulo alude ao *Capítulo 5 – Estado das Massas de Água*.

Esta identificação permitirá constituir uma fase intercalar para a definição de um programa de medidas de intervenção para a prossecução dos objetivos traçados pela DQA.

Saliente-se que as cargas aqui apresentadas resultam dos valores e metodologias preconizados na Parte 2 supramencionada, no que diz respeito aos diferentes tipos de pressão e à sua natureza tónica ou difusa, procurando estabelecer-se uma contabilização conjunta por grandes tipos de atividade.

6.1.1. Águas de Superfície

Para efeitos da análise entre os possíveis impactos das atividades humanas nas águas de superfície, foram consideradas as pressões poluentes tónicas e difusas admitidas nos Capítulos 2.1 e 2.2 mais significativas, tendo em conta o seguinte:

Pressões tónicas:

- Efluentes urbanos – incluindo ETAR e pontos de descarga de água residual urbana não tratada;
- Indústrias – incluindo as indústrias agroalimentares (adegas, lagares, laticínios, entre outras), indústrias transformadoras e indústrias transformadoras abrangidas por PCIP;
- Agropecuária – incluindo a suinicultura, bovinicultura.



Pressões difusas:

- Agricultura.

As figuras seguintes (Figura 0.1, Figura 0.2 e Figura 0.3) apresentam a distribuição das massas de água de superfície inferiores a “Bom” e a localização das atividades antropogénicas eventualmente potenciadoras de impactos negativos sobre as mesmas.

Note-se que estas representações nem sempre apresentam uma correlação direta entre a densidade de fontes de poluição tóxicas e a classificação aferida, pois os pontos representados apenas refletem a sua densidade, não demonstrando a qualidade e quantidade dos efluentes rejeitados. Acresce ainda que as pressões apresentadas indicam apenas aquelas para as quais foi possível a obtenção de dados georreferenciados, conforme referido no capítulo das Pressões.

Este facto pode ser constatado na bacia hidrográfica do Dão, onde a classificação das Massas de Água foi essencialmente “Bom ou superior” e se verifica uma elevada densidade de fontes de poluição tóxicas de Efluente Urbano, o que poderá revelar sistemas de tratamentos adequados para a dimensão e tipo de efluentes produzidos.

Resumidamente salienta-se que, em termos percentuais, a maioria das massas de água localizadas nas sub-bacias do Alva e Dão obtém uma classificação superior a “Bom”, destacando-se a bacia do Lis e o sector inferior do rio Mondego como as regiões onde se localizam mais massas de água com classificação inferior a “Bom”.

Procurou seguidamente integrar-se os resultados de avaliação das pressões obtidos no referido capítulo, o qual incidiu na estimativa das cargas poluentes dos parâmetros CBO₅ (Carência Bioquímica em Oxigénio), CQO (Carência Química em Oxigénio), SST (Sólidos Suspensos Totais), N (Azoto total) e P (Fósforo total).

Destes, procurou centrar-se a avaliação no CBO₅, tendo em conta que se tratou do parâmetro mais frequentemente responsável pela atribuição de um estado de massas de água inferiores a “Bom”, em particular nos rios, e ser um bom indicador da presença de matéria orgânica.

Com base nas metodologias preconizadas no capítulo supracitado para os diferentes tipos de pressão, as quais tiveram em consideração a existência ou não de informações e dados analíticos consistentes, foram assim estimadas cargas específicas totais por massa de água.

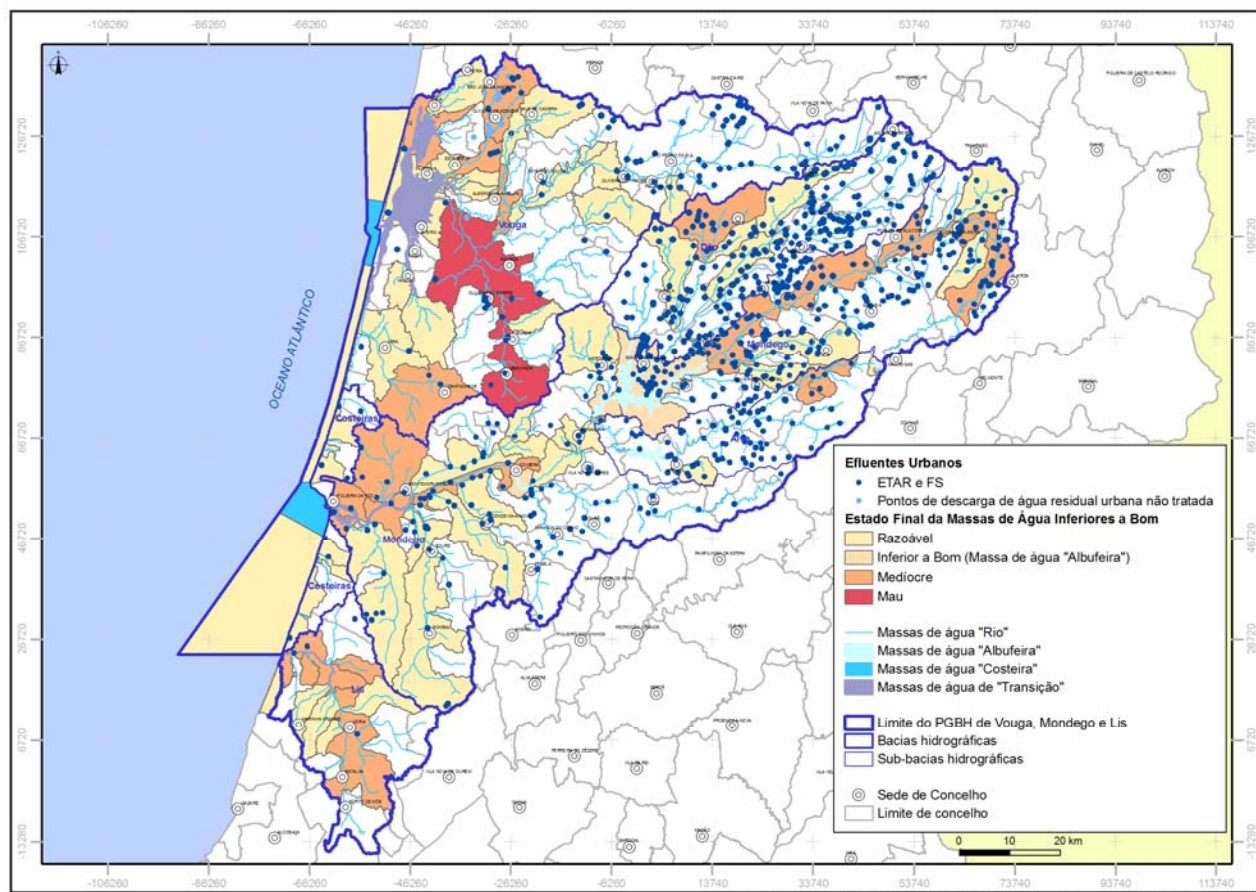


Figura 0.1 - Localização das instalações de tratamento de efluentes urbanos (ETAR, Fossas Sépticas) e pontos de descarga de água residual urbana não tratada vs. M_bacias associadas às massas de água de superfície com estado inferior a "Bom".

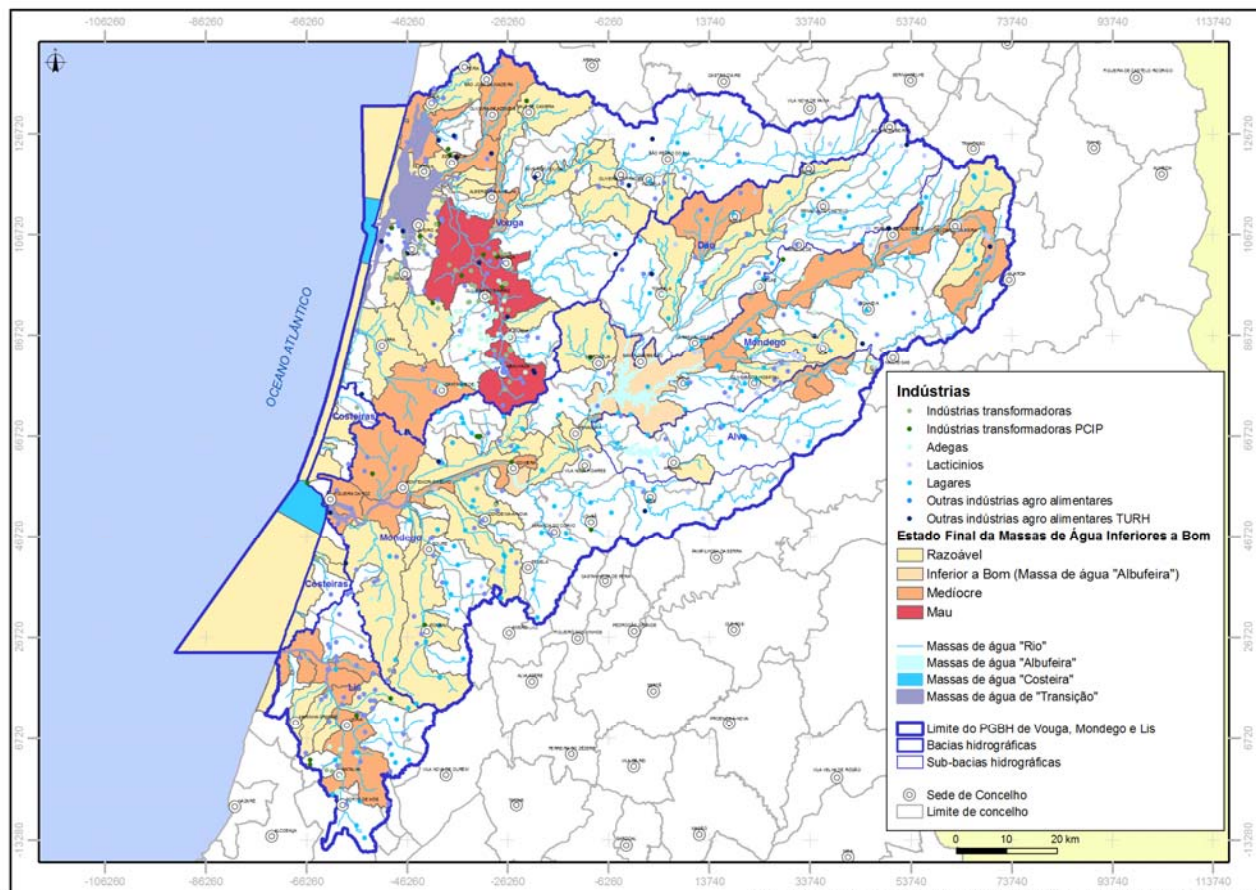


Figura 0.2 - Localização das indústrias transformadoras vs. M_bacias associadas às massas de água de superfície com estado inferior a "Bom"

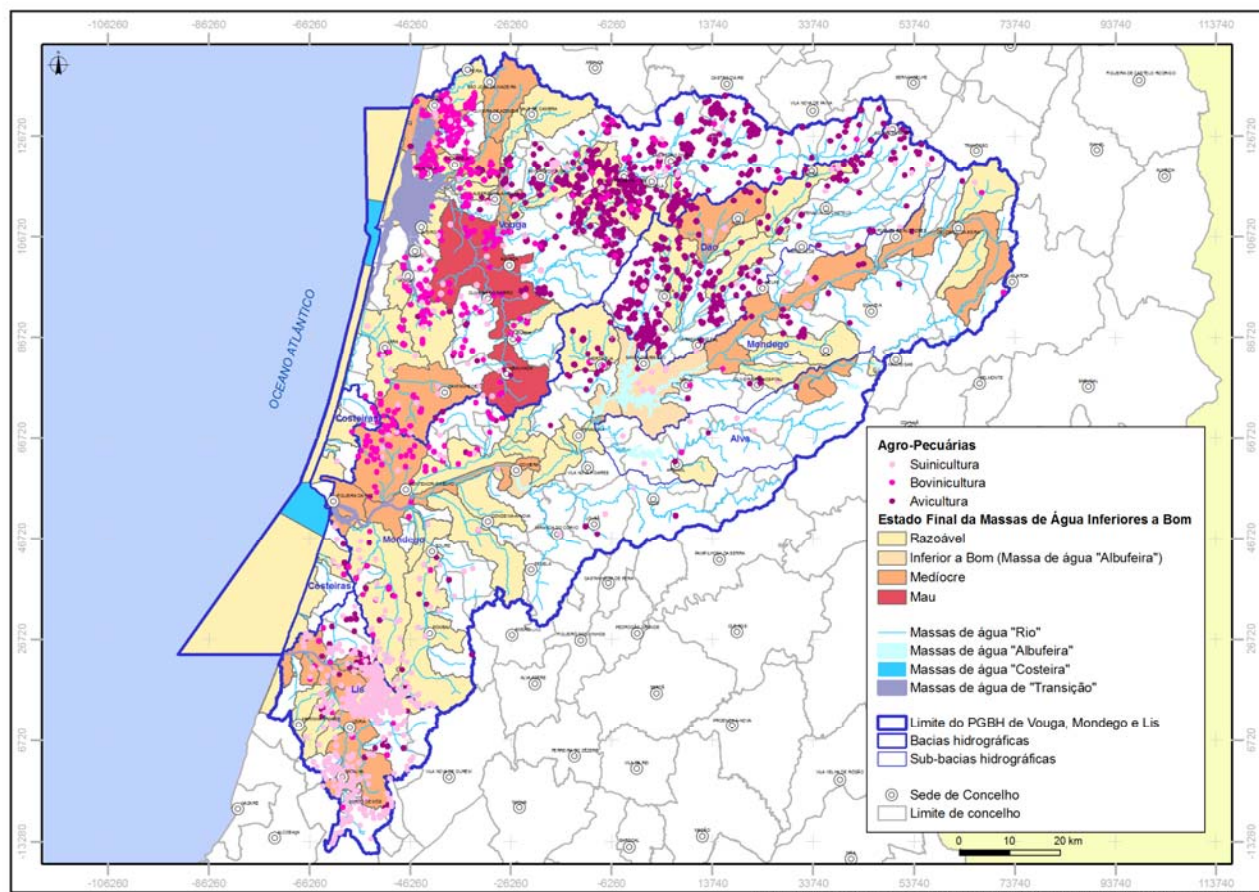


Figura 0.3 - Localização das indústrias agropecuárias vs. M_bacias associadas às massas de água de superfície com estado inferior a "Bom"



As figuras seguintes ilustram as cargas orgânicas específicas traduzidas em CBO_5 por unidade de área (km^2), estimadas em termos tópicos e difusos, para os efluentes urbanos (Figura 0.4), indústrias transformadoras (ver Figura 0.6), suinicultura (ver Figura 0.5), adegas (ver Figura 0.7), lacticínios (ver Figura 0.8) e outras indústrias agroalimentares (ver Figura 0.9). Inclui-se adicionalmente informação relativa às cargas específicas de azoto e fósforo provenientes da agricultura (ver Figura 0.10 e Figura 0.12), e agropecuária (ver Figura 0.11 e Figura 0.13) (ver Secção 2.2, da parte 2 do presente relatório) de forma a aferir a relação deste parâmetro com as massas de água em eventual risco de eutrofização.

6.1.1.1. Massas de Água “Rio”

Conforme já referido no *Capítulo 5.1. – Estado das Massas de Água Superficiais* da Parte 2, verifica-se um gradiente Este-Oeste, em que as massas de água “Rio” com estado superior a “Bom” se encontram nos sectores médios e superiores das respetivas bacias hidrográficas, ou em zonas de cabeceira, preferencialmente em altitude. Verifica-se ainda que os rios com classificação superior a “Bom” se concentram no interior do território nacional, enquanto as massas de água que não cumprem os objetivos da DQA se localizam, maioritariamente, na zona litoral. O estado ecológico das massas de água “rio” parece traduzir, desta forma, o gradiente de pressões antropogénicas da região hidrográfica.

À semelhança do verificado no estado ecológico, da análise do mapa do potencial ecológico é visível um gradiente Este-Oeste do potencial ecológico, sendo que, as massas de água do alto Dão e Mondego, e do Alva apresentam um potencial de “Bom ou superior”, enquanto na aproximação ao litoral, o potencial das albufeiras é maioritariamente de “Inferior a Bom”.

De uma forma geral, a análise das figuras anteriores permite ainda revelar que os efluentes provenientes das atividades da pecuária têm um peso muito significativo nas cargas de azoto, existindo uma predominância de maiores cargas específicas descarregadas de Azoto geradas pelas suiniculturas, as quais coincidem em muitos casos com a localização das massas de água com estado inferior a “Bom”.

Seria de esperar um comportamento similar entre a atividade de suiniculturas e as cargas orgânicas, o que não se torna claro pela análise da Figura 0.5. Com efeito, esta relação só se torna mais evidente no caso das massas de água PT04LIS0710 (ribeira de Agudim, mais conhecida por ribeira dos Milagres) e PT04MON0691 (rio Pranto) as quais registam cargas superiores de CBO_5 resultantes desta pressão. Este facto poderá ser explicado tendo em conta que a metodologia preconizada no *Capítulo 2.1 – Pressões tópicas* se baseou no recurso apenas a descargas tópicas licenciadas ou declaradas nos Títulos de Utilização de Recursos Hídricos (TURH). São no entanto conhecidos os problemas com descargas ilegais nas linhas de água, designadamente de efluentes de suinicultura na bacia hidrográfica do Lis, cargas estas que aparecem sub-estimadas.

As massas de água mais degradadas encontram-se maioritariamente associadas a um aumento de densidade populacional e às áreas de maior ocupação urbana, sendo o estado final das massas de água de superfície classificadas como igual ou inferior a “razoável”, maioritariamente determinados pelos elementos biológicos.

O sector inferior da bacia hidrográfica do rio Mondego e a bacia hidrográfica do rio Lis apresentam um grande número de massas de água com estado ecológico de "Razoável".

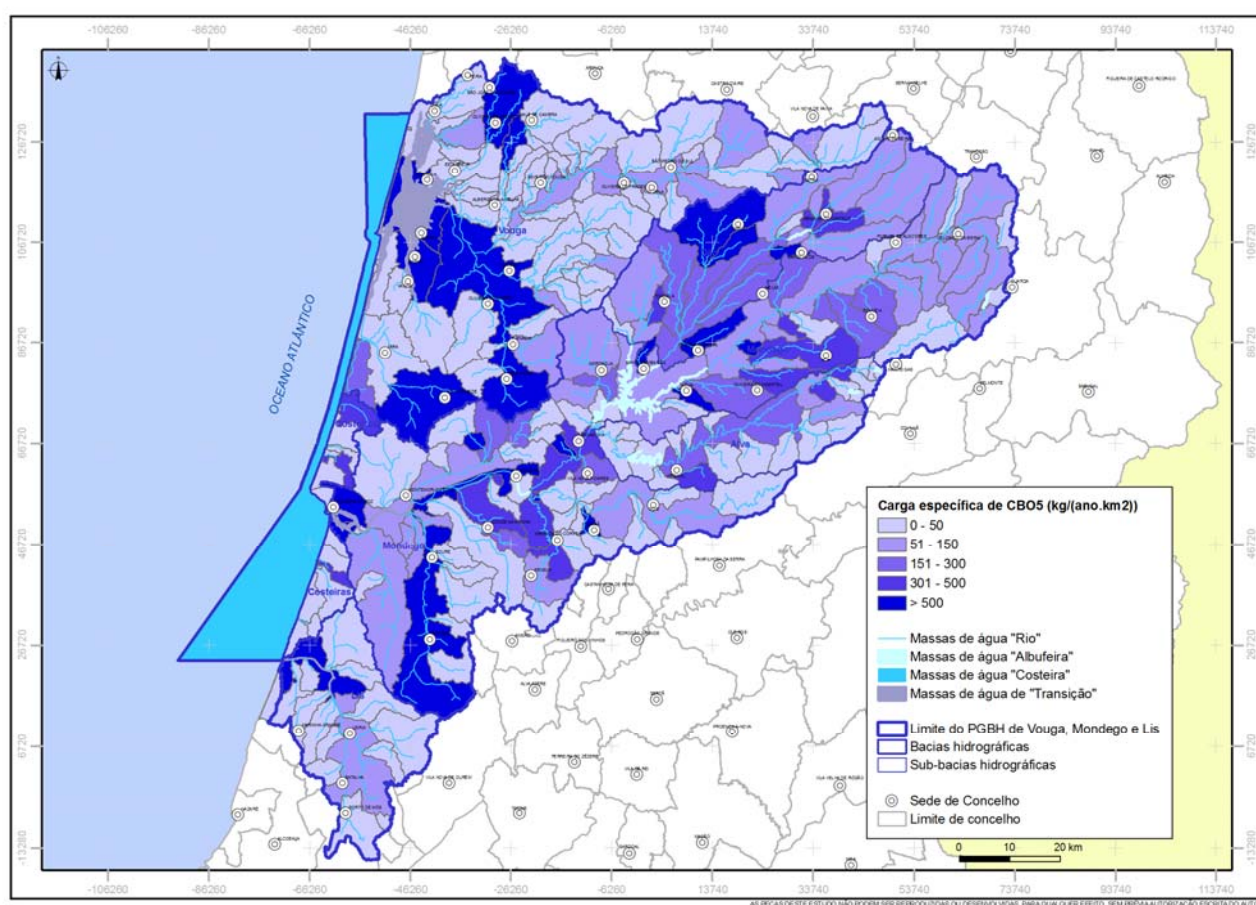


Figura 0.4 - Cargas específicas de CBO₅ provenientes dos efluentes urbanos

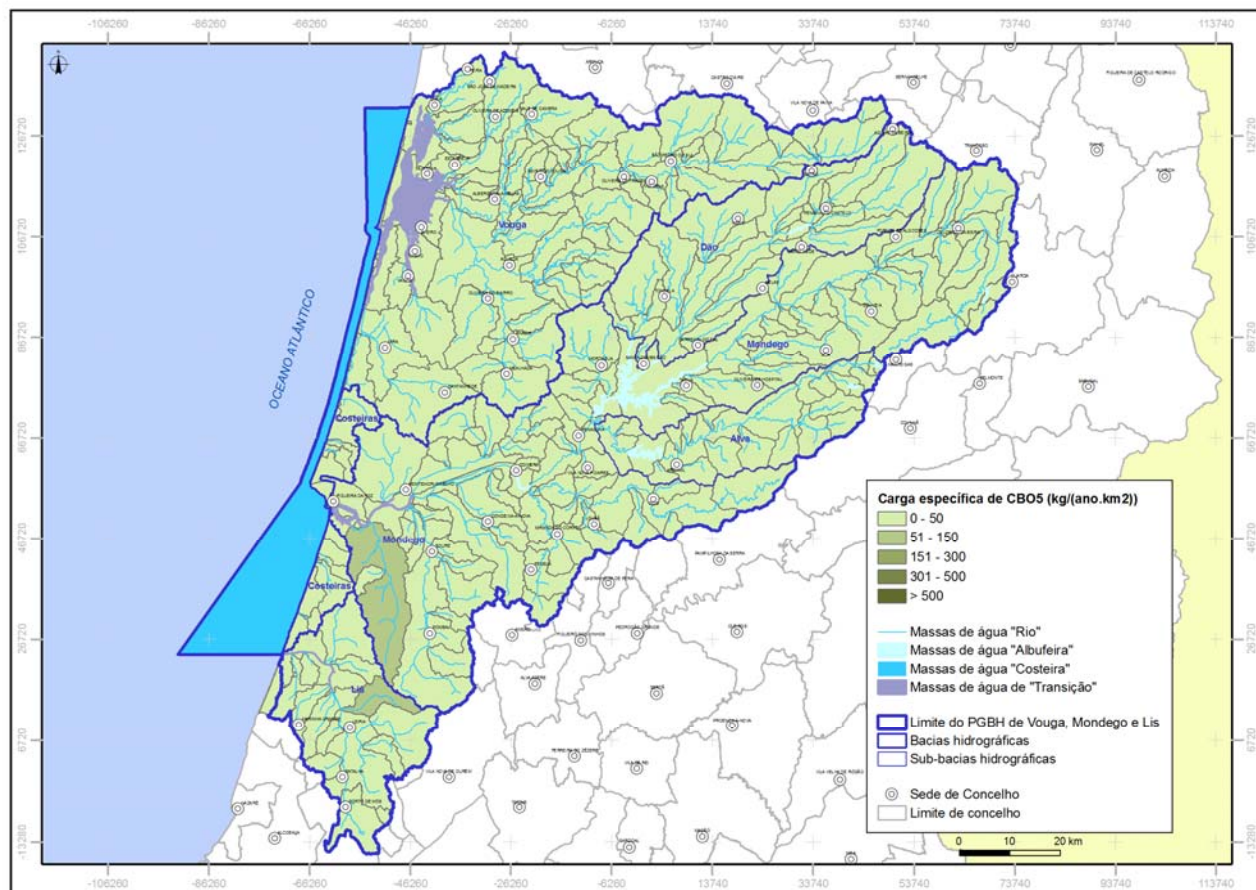


Figura 0.5 - Cargas específicas de CBO₅ provenientes das suiniculturas

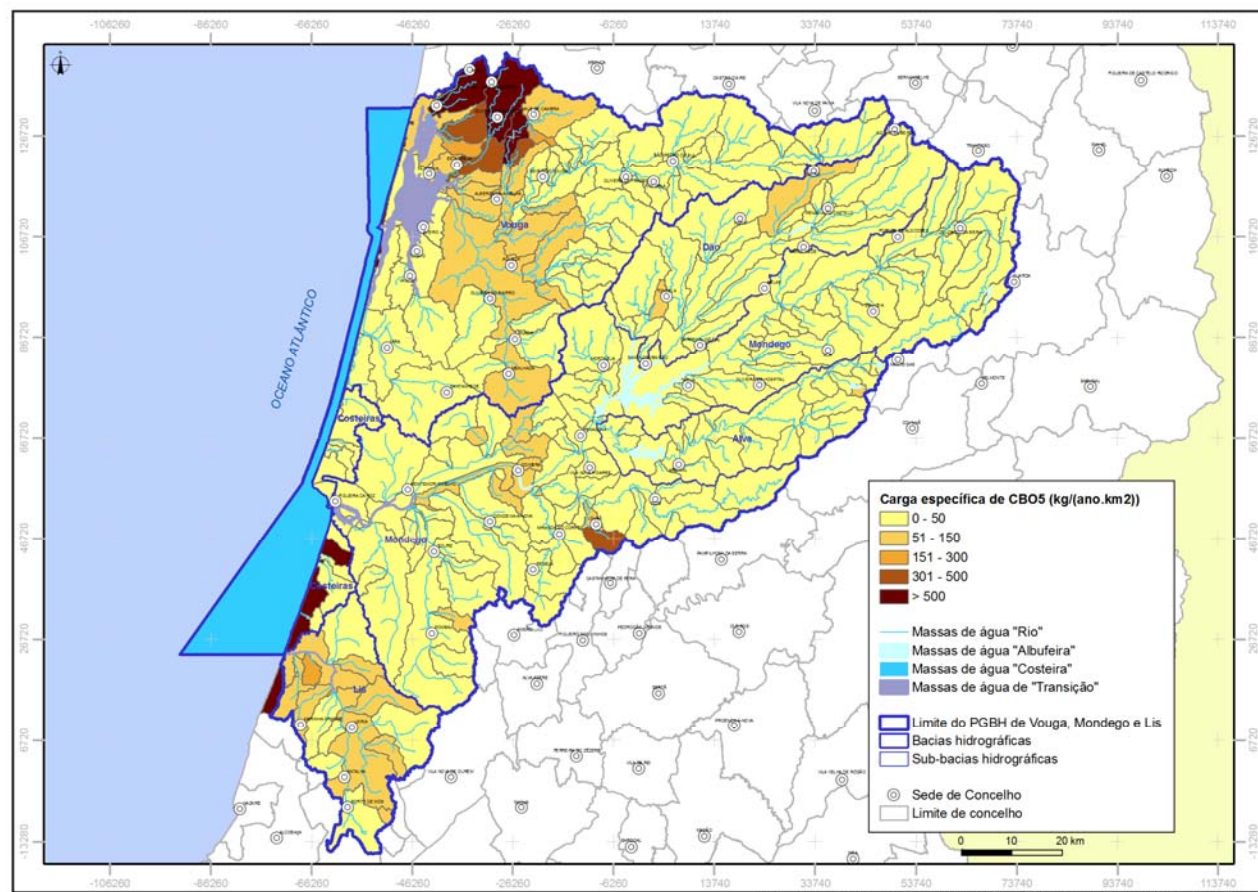


Figura 0.6 - Cargas específicas de CBO₅ provenientes das indústrias transformadoras

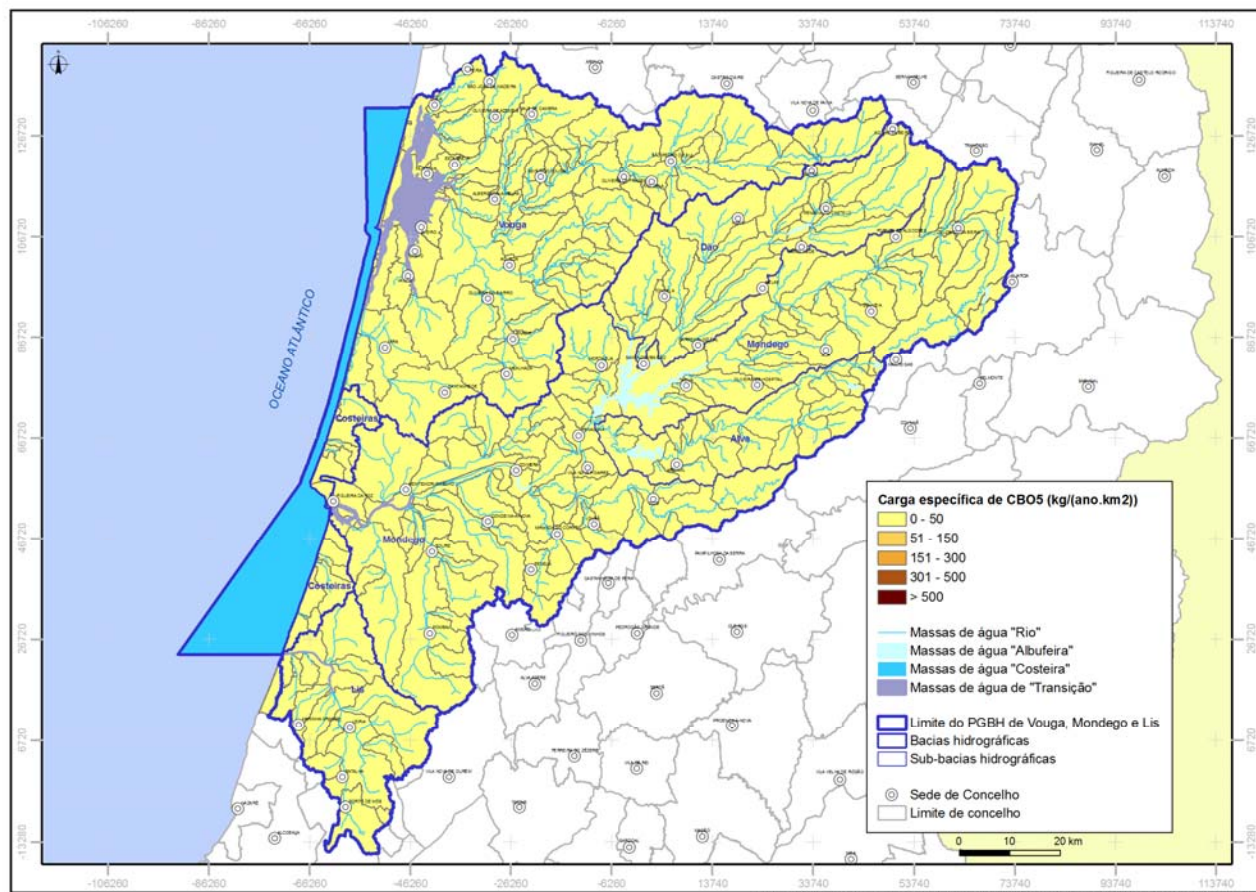


Figura 0.7 - Cargas específicas de CBO₅ provenientes das adegas

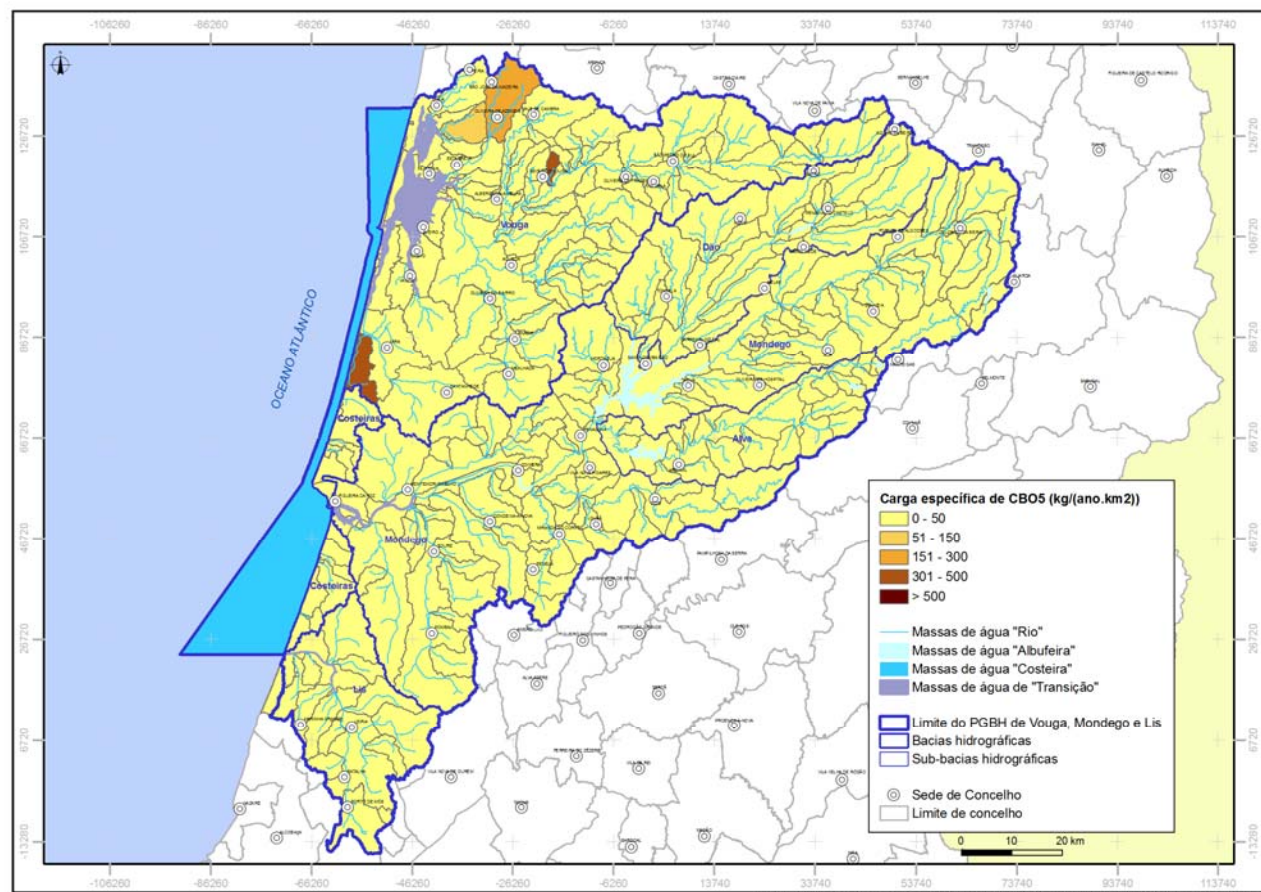


Figura 0.8 - Cargas específicas de CBO₅ provenientes dos laticínios

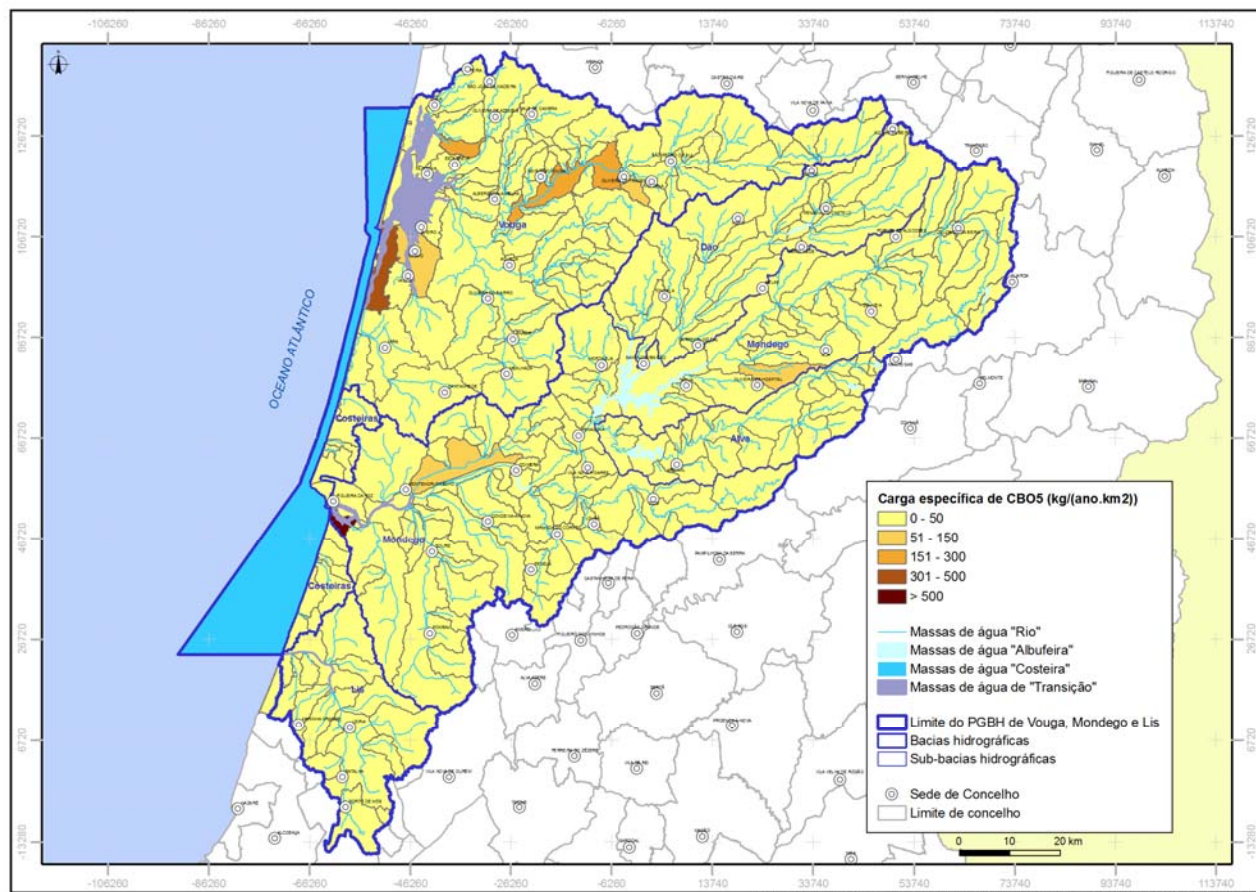


Figura 0.9 - Cargas específicas de CBO₅ provenientes da indústria e outras indústrias agroalimentares

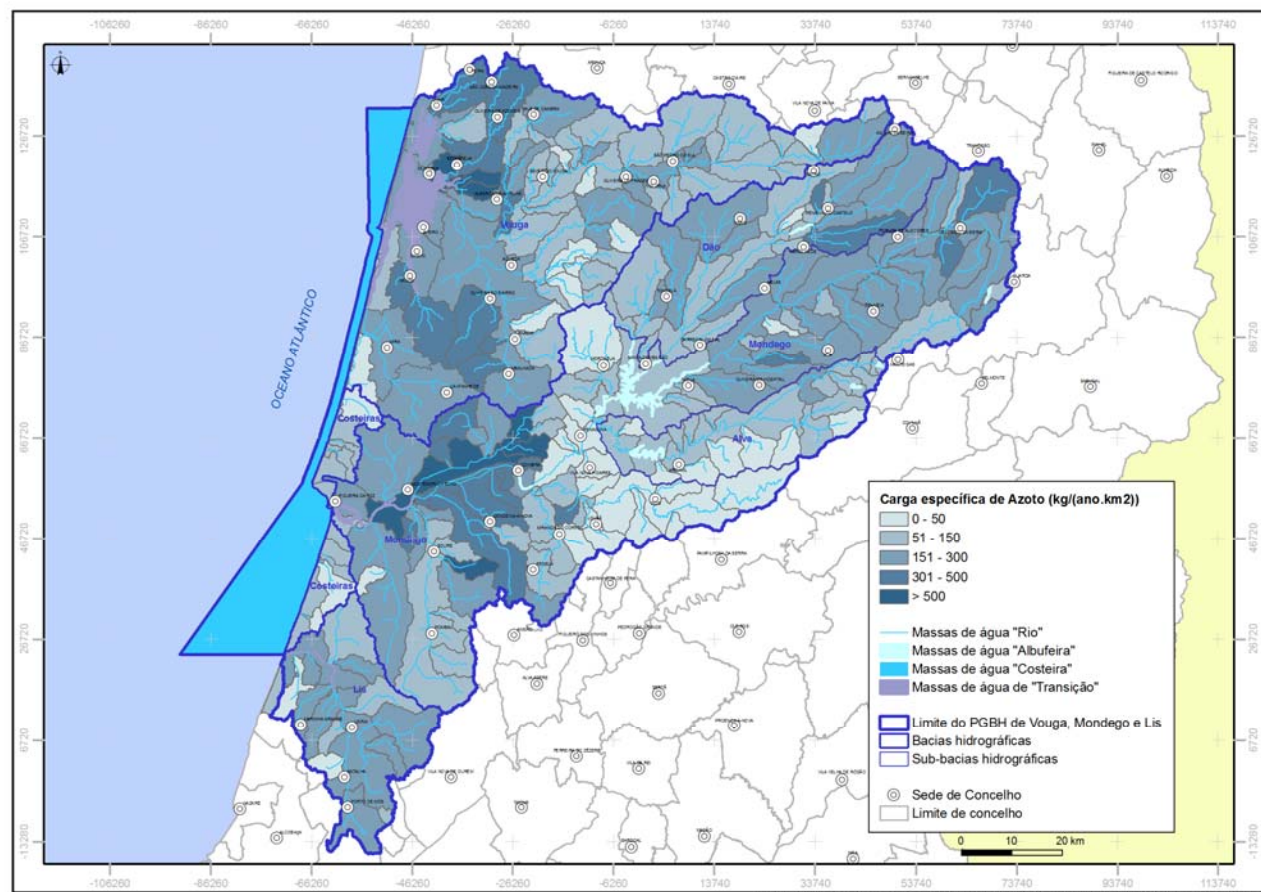


Figura 0.10 - Cargas específicas de Azoto provenientes da agricultura

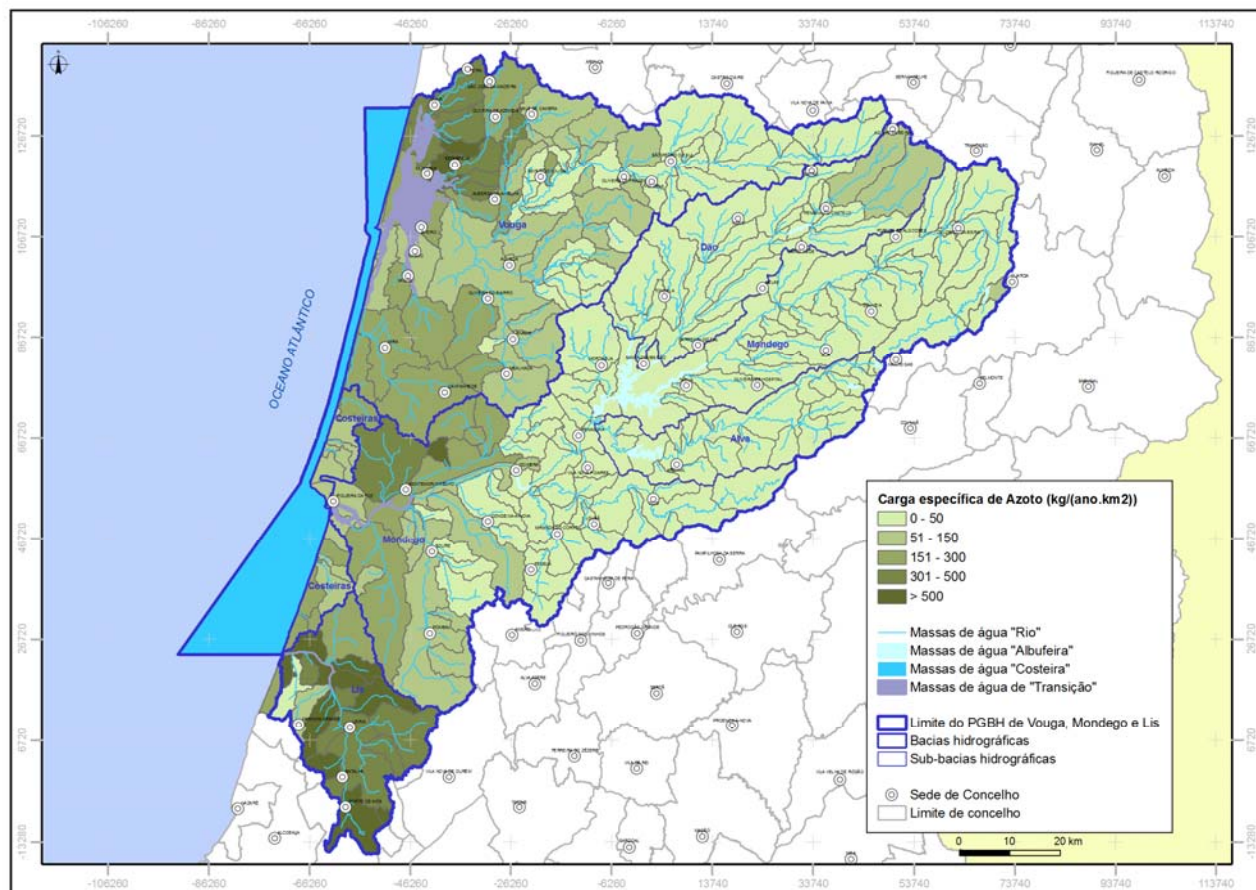


Figura 0.11 - Cargas específicas de Azoto provenientes da agropecuária

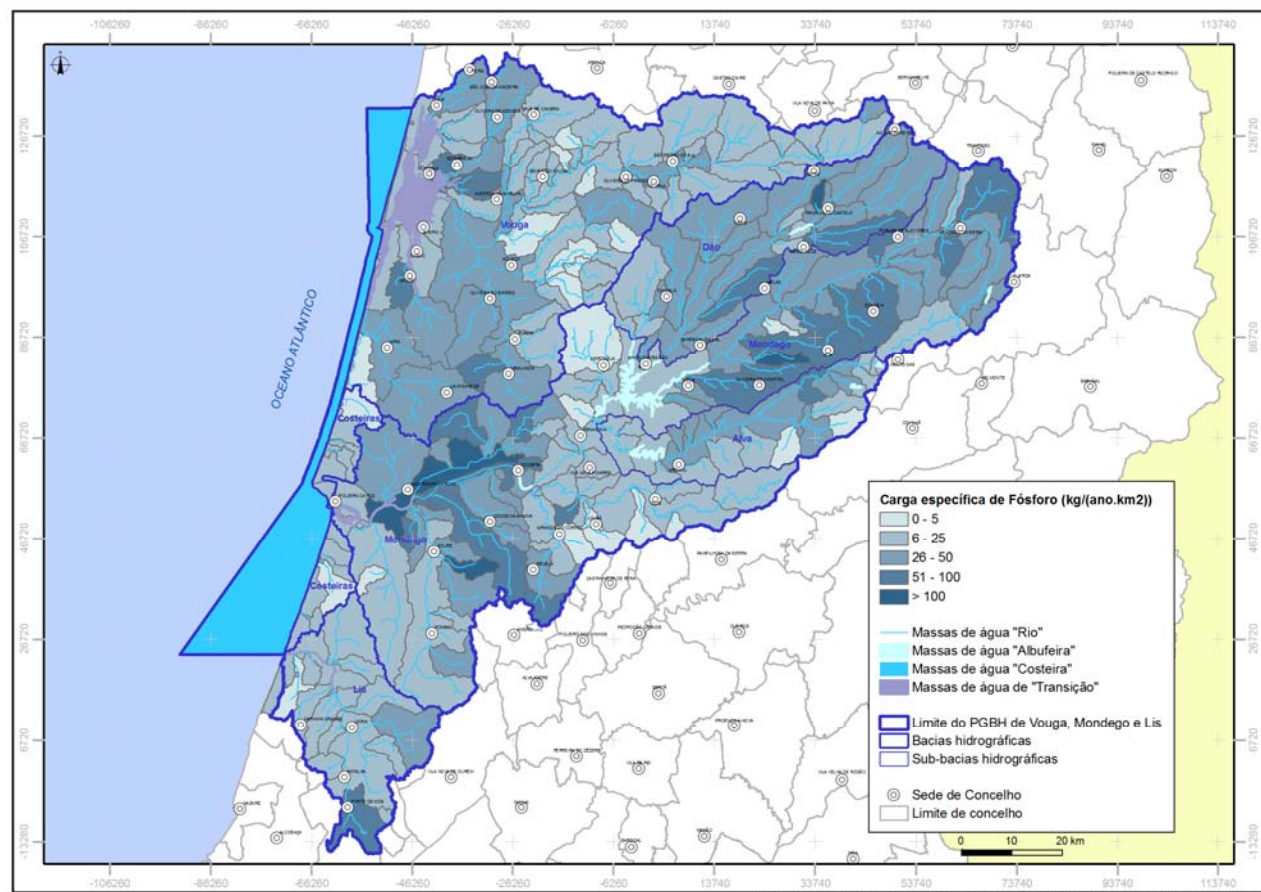


Figura 0.12 - Cargas específicas de Fósforo provenientes da agricultura

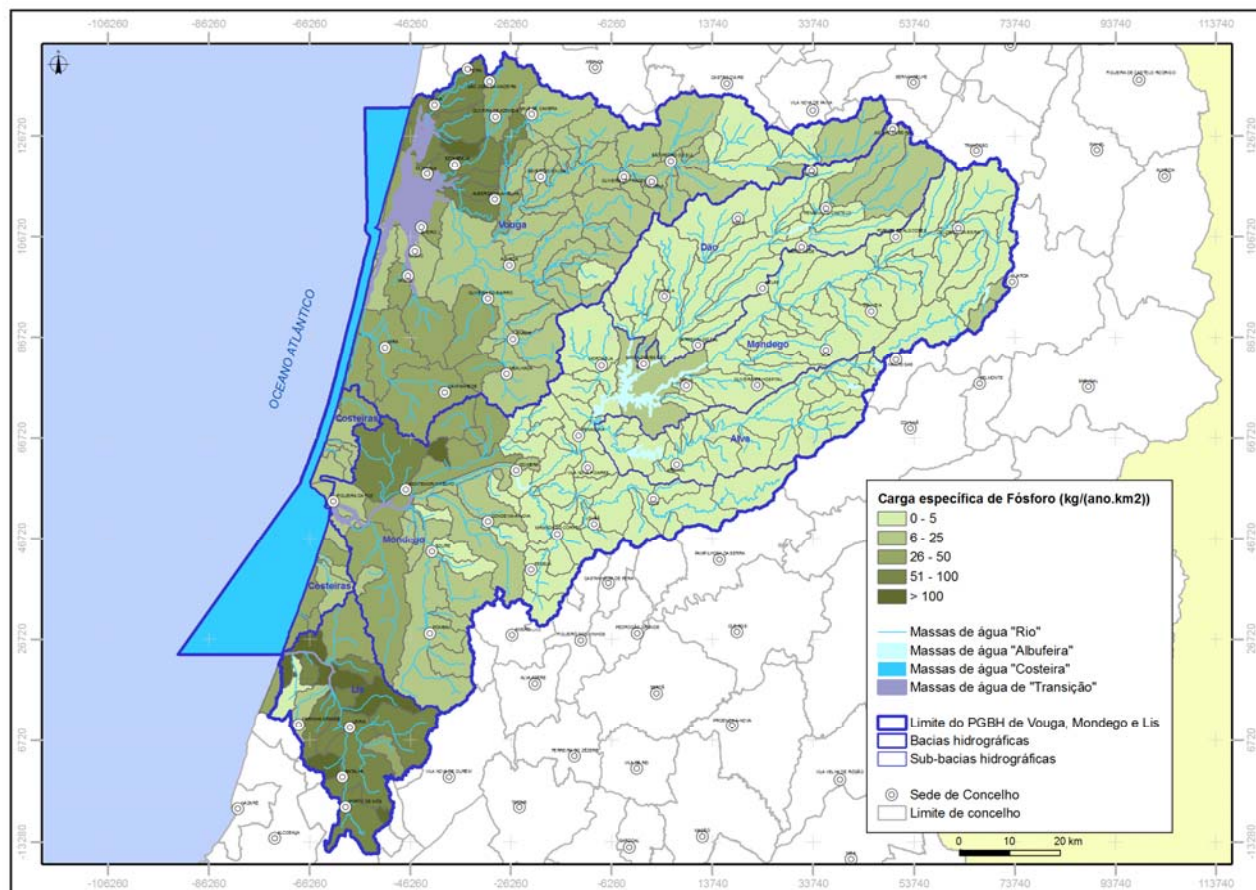


Figura 0.13 - Cargas específicas de Fósforo provenientes da agropecuária

Bacia hidrográfica do rio Lis

Estabelecendo uma abordagem por bacia hidrográfica, constata-se que na bacia hidrográfica do rio Lis existe uma maior incidência de cargas específicas de CBO₅ elevadas geradas pelas pressões urbana, pecuária (no casos acima identificado) e indústria transformadora (ver Figura 0.4, Figura 0.5 e Figura 0.6), região esta a que corresponde uma percentagem muito significativa de massas de água da categoria “Rios” com estado inferior a “Bom”. Estas atividades explicam a obtenção do estado inferior a “Bom” das massas de água PT04LIS0702-afluente do rio Lis, PT04LIS0706-ribeira da Carreira, PT04LIS0707-ribeira da Escoura, PT04LIS0708-ribeira do Fagundo, PT04LIS0709-rio Lis, PT04LIS0710-ribeira de Agudim, e PT04LIS0712-afluente do rio Lis. Refira-se que o CBO₅ foi um dos parâmetros responsáveis pela atribuição de um estado final inferior a “Bom”, designadamente na ribeira de Escoura, rio Lis e ribeira de Agudim (ribeira dos Milagres) (ver *Capítulo 6.1 – Poluentes e indicadores de poluição que contribuem para essa classificação incluindo os valores observados, da Parte 2*). O estado inferior a bom representa no total cerca de 53,8 % das massas de água na bacia do Lis.

Conforme já referido, na bacia hidrográfica do rio Lis verifica-se uma elevada densidade de Suiniculturas, o que poderá promover a classificação inferior a “Bom” em grande parte das massas de água, situação que poderá vir a ser revertida com a implementação eficaz da Estratégia Nacional para os Efluentes Agropecuários e Agroindustriais (ENEAPAI) e consequentes Planos Regionais de Gestão Integrada (PRGI). Com efeito, a região de Leiria constitui uma zona crítica muito afetada pelos problemas das suiniculturas, conhecendo-se as dificuldades decorrentes desta atividade, fundamentalmente associadas à dificuldade do cumprimento legal das instalações abrangidas pela legislação Prevenção e Controlo Integrado da Poluição (PCIP), bem como da falta de unidades licenciadas para o tratamento individual dos efluentes, daqui originando uma dificuldade no controlo das descargas ilegais efetuadas em linhas de água e no solo.

Constata-se ainda uma contribuição significativa das atividades agrícola e pecuária nas cargas específicas de Azoto que afluem às massas de água cuja classificação obtida resultou em inferior a “Bom”, conforme evidenciado nas Figura 0.10 e Figura 0.11, como é o caso do afluente do rio Lis, ribeira de Carreira, ribeira da Escoura, ribeira do Fagundo, rio Lis, ribeira de Agudim (a qual registou cargas específicas destacadamente elevadas provenientes da pecuária), e afluente do rio Lis. O azoto (expresso em azoto amoniacal e/ou nitrato total) foi um dos parâmetros responsáveis pelo estado inferior a Bom nas massas de água do rio Lis e ribeira de Agudim.

Pela análise das Figura 0.12 e Figura 0.13 referentes ao Fósforo verificam-se igualmente cargas mais elevadas no rio Lena (PT04LIS0715), ribeira de Agudim (PT04LIS0710) e ribeira da Várzea (PT04LIS0714), como resultado das atividades de Agricultura e Pecuária. De referir, no entanto, que as massas de água PT04LIS0714 e PT04LIS0715, embora tenham associadas cargas elevadas de fósforo, não resultam numa classificação inferior a Bom, tendo a primeira resultado de uma classificação recorrendo a um modelo conceptual sem correlações diretas com este parâmetro (ver Capítulo 2.5 - Estado das Massas de Água) e a segunda resultando de valores provenientes de campanhas da rede SNIRH para as quais se teve que excluir os valores de Fósforo dado terem sido identificados resultados



de concentração associados a limites de deteção superiores ou iguais aos valores limite admissíveis.

No caso particular das massas de água afluentes do rio Lis, ribeira da Carreira (PT04LIS0706), ribeira do Fagundo (PT04LIS0708), rio Lis (PT04LIS0709) e afluente do rio Lis (PT04LIS0712), estão ainda associados aos parâmetros responsáveis pelo estado inferior a “Bom” os invertebrados bentónicos e os fitobentos.

A massa de água PT04LIS0709 engloba o rio Lis desde a sua Nascente até ao seu estuário, e ainda o rio Lena, desde a sua Foz no rio Lis até à Batalha. Os resultados obtidos para as pressões anteriormente apresentados para esta massa de água poderão indiciar uma degradação da qualidade biológica que estarão na base para a atribuição da sua classificação como Medíocre.

A razão que explica que a ribeira de Agudim (que inclui a ribeira dos Milagres) não esteja incluída nas massas de águas com parâmetros biológicos inferiores a Bom prende-se com o facto de a monitorização ter sido efetuada em zonas de cabeceira, pelo que a amostragem não se verifica representativa. No entanto, como é conhecido, a ribeira dos Milagres apresenta graves problemas de qualidade da água, e embora tenham sido desenvolvidos esforços para inverter essa situação (ligação das principais pecuárias à SIMLIS), o facto das comunidades biológicas se encontrarem sujeitas a pressões elevadas durante os últimos anos inviabiliza a sua rápida recuperação.

Embora não sendo monitorizadas, as massas de água PT04LIS0702 e 04LIS0706 obtiveram igualmente uma classificação de “Medíocre” para os parâmetros biológicos dado apresentarem alterações hidromorfológicas profundas. Com efeito, estas constituem importantes sectores canalizados, com vegetação ribeirinha muito fragmentada e ocupada por espécies exóticas invasoras e alterações do substrato. Estas massas de água evoluem em vales agrícolas importantes, onde se verificará potenciais arrastamentos de materiais para os cursos de água, que se traduzem na alteração das comunidades bióticas locais.

No caso das massas de água PT04LIS708 e PT04LIS712, e embora não se tenham verificado cargas significativas para as pressões identificadas, verificam-se nestas zonas alterações profundas das margens e leito, bem como a forte presença de espécies infestantes.

Bacia hidrográfica do rio Mondego

A bacia hidrográfica do rio Mondego é representada por cerca de 24% das massas de água com estado inferior a bom, estando 19 localizadas na sub-bacia do Mondego, 4 na sub-bacia do Alva e 5 na sub-bacia do Dão.

As classificações das massas de água inferiores a “Bom” na **sub-bacia do Mondego**, associados a valores elevados de matéria orgânica expressa em CBO₅, poderão estar relacionados com descargas de origem em efluentes urbanos. As descargas de efluentes de bovinicultura, em conjunto com a suinicultura, parecem constituir atividades que influenciam negativamente os níveis de matéria orgânica nas massas de água, em particular nas massas de água da vertente Oeste desta sub-bacia. A agricultura poderá igualmente ser responsável por contribuições nas linhas de água de níveis de nutrientes elevados, aqui

representados pelo azoto e fósforo nas Figura 0.10 e Figura 0.12, que poderão conduzir ao estado de eutrofização das massas de água, o que, conjuntamente com baixas condições de oxigenação, poderá contribuir para o estado inferior a bom associado à deterioração das condições de suporte essenciais aos elementos biológicos (ver relatório RH4_P2_S6_1_RT_c).

Destacam-se, a título exemplificativo, as massas de água 04MON0691 (Rio Pranto) e 04MON0673 (Vala de Alfarelos), com valores de incumprimento de azoto amoniacal, para além dos elementos biológicos Fitobentos e Invertebrados bentónicos, eventualmente devido a pressões da agricultura e pecuária. Destaque-se ainda a massa PT04MON0649 (rio dos Fornos), a qual registou incumprimentos ao nível do CBO₅ associado à existência de alguma pressão industrial.

Refira-se que a massa de água PT04MON0618 (rio Mondego), embora com a classificação de “Medíocre” para o elemento biológico invertebrados bentónicos, desenvolve-se desde a albufeira do Caldeirão (Guarda) até à albufeira da Aguieira (Carregal do Sal) tendo associados dois locais de amostragem distintos com resultados igualmente diferenciados, pelo que as medidas a implementar deverão centrar-se no sector jusante desta massa de água.

A vala do Norte (PT04MON652), localizada entre Eiras e Adémia, apresenta um percurso urbano importante, com numerosos sectores canalizados, vegetação ribeirinha degradada e presença importante de espécies infestantes. O arrastamento de materiais provenientes dos terrenos agrícolas presentes no sector de jusante da massa de água contribuirá para os valores de cargas específicas de azoto elevadas identificadas (ver Figura 0.10).

A ribeira do Lorrão (PT04MON656) apresenta diversos sectores emparedados, canalizados e com vegetação ribeirinha fragmentada, verificando-se ainda uma pressão acentuada provocada pelos efluentes urbanos, o que justifica a sua classificação de estado “Razoável”.

No caso da ribeira de Mortágua (PT04MON623), os parâmetros físico-químicos de suporte aos elementos biológicos foram os únicos responsáveis pela atribuição do estado inferior a “Bom”, em particular o CBO₅, podendo estar associadas à existência de pressões urbanas.

As massas de água a jusante de Coimbra, Vala Real (PT04MON0674) e Vala de Alfarelos (HMWB – Baixo Mondego) (PT04MON0675) pertencentes aos rios do Litoral Centro apresentam uma classificação de “Razoável” e “Medíocre”, respetivamente, podendo estar associadas a cargas específicas significativamente elevadas decorrentes de descargas com origem em efluentes urbanos. De igual modo as massas de água localizadas a jusante da albufeira da Raiva (classificada como “Razoável”) apresentam um estado inferior a “Bom”, designadamente as massas de água do rio Mondego (PT04MON0638 e PT04MON0666).

A massa de água PT04MON0677 obteve a classificação de “Medíocre” relativamente aos elementos físico-químicos gerais (oxigénio dissolvido, % de saturação de Oxigénio, CBO₅ e pH) e elementos biológicos (invertebrados bentónicos e fitobentos), podendo estar relacionados com afluências provenientes das atividades de agricultura e pecuária.



Dos rios com estado inferior a “Bom” incluídos na **sub-bacia do Alva**, salientam-se os casos das massas de água rio de Folques (PT04MON0659), o rio Alva (PT04MON0626), o rio Alva (PT04MON0630) e a ribeira da Fervença (HMWB - Jusante B. Vale do Rossim) (PT04MON0617). No caso do rio Folques o estado “Razoável” encontra-se associado aos elementos biológicos, verificando-se a existência de contribuições de efluentes urbanos nesta massa de água, eventualmente associados a necessidades de melhoria/adequação dos sistemas de tratamento de águas residuais. Nas massas de água do rio Alva (PT04MON626 e PT04MON630), os invertebrados bentónicos e os Fitobentos são os parâmetros que contribuem para o estado “Medíocre”, estando nesta zona localizadas descargas de matéria orgânica com origem em efluentes urbanos e alguma agricultura. Em particular o local de monitorização da PT04MON626 encontra-se a jusante do açude do desterro, num sector da massa de água onde se verificam alterações hidromorfológicas importantes.

A ribeira de Fervença localiza-se imediatamente a jusante da albufeira de Vale de Rossim (única afluência), em local onde não existem quaisquer pressões que permitam aparentemente justificar valores elevados de fósforo, o qual constituiu o parâmetro responsável pelo seu estado “Razoável”. Tendo em conta os relatórios analíticos obtidos para o ano 2006 foi possível constatar que as medições onde se registaram valores de temperatura semelhantes à superfície e em profundidade têm associadas concentrações de fósforo igualmente semelhantes. Contudo, foi possível verificar que em campanhas onde se verifica uma estratificação térmica, com valores de temperatura significativamente diferentes superficialmente e em profundidade (caso em que as profundidades são inferiores) registaram-se igualmente valores significativamente mais elevados de fósforo no fundo. Este facto, aliado à possibilidade desta albufeira ter associadas descargas de fundo, poderá indicar que pontualmente se registem concentrações maiores de fósforo na massa de água imediatamente a jusante.

Na **sub-bacia do Dão** destaca-se a massa de água 04MON0590 (Rio Asnes), com valores de incumprimento de concentração de azoto amoniacal e fósforo para os parâmetros físico-químicos de suporte, e de invertebrados bentónicos e fitobentos associados ao estado biológico. Esta situação poderá advir da atividade da agricultura, a qual é potenciadora de aplicação de nutrientes em excesso no solo através dos fertilizantes, e de descargas de efluentes urbanos. No caso do Rio Dinha (04MON0608) o parâmetro responsável pela classificação inferior a “Bom” é os invertebrados bentónicos, desconhecendo-se os valores de concentração para os parâmetros físico-químicos, podendo as pressões urbana e agrícola estar a influenciar o estado da massa de água. No caso da massa de água Ribeira de Satão (04MON0584), o parâmetro responsável foi o CBO₅, o qual poderá estar associado à contribuição de pressões dos efluentes urbanos e indústria, conforme evidenciado nas Figura 0.4 e Figura 0.6. A ribeira de Sasse (PT04MON0591) tem acentuadas pressões de descargas urbanas o que poderá justificar o seu estado “Razoável”.

O rio Dão (HMWB Jusante B. Fagilde) (PT04MON0598) obteve a classificação “Razoável” tendo como parâmetro limitante o Fósforo total, a qual poderá ser justificada pelas pressões urbanas e agrícolas. Esta massa de água recebe ainda afluências da ribeira dos Frades (PT04MON0598) a qual tem igualmente alguma pressão urbana e agrícola. Adicionalmente, tendo em conta que o ano de amostragem se reporta a 2005 (ano hidrológico de seca) poderá ter havido uma diminuição significativa do caudal escoado por redução/ inexistência de um caudal ecológico mínimo.

Bacia hidrográfica do rio Vouga

O sector inferior da bacia hidrográfica do rio Vouga é aquele que apresenta os maiores problemas de qualidade ecológica, destacando-se as massas de água PT04VOU0543 (rio Vouga) com a classificação de “Mau”, pelo elemento biológico invertebrados bentónicos, azoto amoniacal, CBO5 e taxa de saturação em oxigénio. Estes resultados poderão advir de elevadas cargas de efluentes urbanos, indústria transformadora e agricultura. As massas de água PT04VOU0511 (rio Antuã), PT04VOU0537 (rio Antuã), PT04VOU0553 (rio Vouga), e PT04VOU0572 (ribeira da Corujeira) apresentam um estado final de “Medíocre”, sendo que a degradação da qualidade ecológica se reflete pelos elementos biológicos.

Os rios identificados com estado inferior a “Bom” pelo parâmetro CBO₅ (Vala Real-04VOU0557) localizam-se em zonas de pressão de potenciais descargas de efluentes de suinicultura.

No caso dos rios Boco (PT04VOU0563) e Serra da Cabria (PT04VOU0567) verificam-se cargas específicas de Azoto significativas resultantes da agricultura e pecuária (fundamentalmente da primeira atividade). A avaliação destas massas de água não resultou contudo de campanhas de monitorização mas sim de modelos conceptuais e análise pericial, a qual resultou numa avaliação do seu estado como “Razoável”. No caso do rio Boco a classificação foi atribuída com base nas pressões existentes bem com na presença de alterações hidromorfológicas significativas. O rio da Serra da Cabria evolui ao longo de áreas agrícolas importantes, entre Avelãs de Caminho, Avelãs de Cima e Candieira, sendo possível identificar alguns sectores com vegetação ribeirinha fragmentada e forte presença de espécies infestantes.

Nas restantes massas de água o parâmetro determinante é os invertebrados bentónicos e em alguns casos os fitobentos.

De um modo geral destaca-se que cerca de 30% das massas de água “Rio” da bacia hidrográfica do rio Vouga possuem um “estado inferior a bom”.



6.1.1.2. Massas de Água “Albufeiras” - Lagos fortemente modificados

De forma genérica, as albufeiras localizadas na sub-bacia do Alva e alto Mondego apresentam uma classificação de “Bom ou superior”, sendo que o sector médio do Mondego apresenta maiores problemas de qualidade biológica. Registe-se que das oito albufeiras presentes na área integrada no PGBH dos rios Vouga, Mondego e Lis, apenas três não cumprem os objetivos ambientais impostos pela DQA. Guardam-se algumas reservas na classificação atribuída, dado que a classificação dos elementos biológicos apenas foi efetuada com o fitoplâncton, e na maioria dos casos, apenas com a métrica clorofila *a*.

Nas albufeiras que apresentam estado inferior a “Bom” (Albufeira da Aguieira, Albufeira da Raiva e Açude Ponte Coimbra, todas incluídas na sub-bacia do Mondego), representando cerca de 37,5% das albufeiras, os elementos biológicos, em particular o fitoplâncton, constitui o parâmetro biológico responsável pela atribuição de estado inferior a “Bom” (ver relatório RH4_P2_S6_1_RT_02).

A albufeira da Aguieira (PT04MON0633) recebe as aflúências do rio Mondego e rio Dão, e encontra-se localizada junto de duas sedes de concelho (Santa Comba Dão e Tábua), as quais constituem fontes de pressão urbana e industrial. Acresce o facto de a massa de água a montante, rio Mondego (PT04MON0618), apresentar um estado ecológico de “Medíocre”.

A albufeira da Raiva (PT04MON0635) localiza-se imediatamente a jusante da albufeira da Aguieira pelo que o seu estado final é coerente com esta massa de água, facto ainda reforçado pelo estado “Medíocre” da massa de água de jusante (PT04MON0638 – rio Mondego). Esta massa de água caracteriza-se igualmente por valores de Fósforo total acima dos limites estabelecidos para o estado “Bom”, eventualmente resultantes de alguma atividade agrícola na zona.

O açude Ponte de Coimbra (PT04MON0661) possui massas de água a montante e jusante com estado inferior a “Bom”, nomeadamente PT04MON0666 e PT04MON0675, podendo igualmente ter pressão industrial. A albufeira de Fagilde localiza-se numa região com pressões reduzidas, e apresenta uma classificação concordante com as restantes albufeiras presentes no sector superior da bacia hidrográfica do Mondego.

6.1.1.3. Massas de Água de “Transição”

Relativamente à massa de água Ria Aveiro-WB5 (PT04VOU0514), só foram classificados os elementos biológicos fitoplâncton (Medíocre) e fauna piscícola (Bom), e a classificação preliminar para os elementos físico-químicos gerais resultou na classificação como Razoável (para os seguintes elementos: Nitratos+Nitritos, Fosfatos, Oxigénio Dissolvido e Azoto Amoniacal). Os resultados preliminares obtidos para os elementos físico-químicos gerais podem justificar a classificação atribuída ao fitoplâncton, através da medição de clorofila *a* (baixos níveis de oxigenação da água e a elevadas concentrações de nutrientes). O assoreamento do canal pode aumentar o tempo de residência da água nesta zona, contribuindo para a classificação obtida. As massas de água de transição Ria Aveiro-WB2 (PT04VOU0547) e Ria Aveiro-WB4 (PT04VOU0536) apresentam uma classificação final de

“Razoável”, associada a um estado químico “Insuficiente” relativamente à substância Tetracloroetileno. De salientar que a classificação preliminar dos elementos físico-químicos gerais aponta para um estado preliminar “Razoável” para os elementos Nitratos+Nitritos (PT04VOU0547 e PT04VOU0536), fosfato (PT04VOU0536) e taxa de saturação de OD (PT04VOU0547 e PT04VOU0536). O incumprimento relativamente à substância Tetracloroetileno está provavelmente relacionado com a elevada concentração de indústrias na zona Norte da Ria de Aveiro.

As massas de água Mondego-WB1-HMWB (PT04MON0685) e Mondego-WB3 (PT04MON0688) foram apenas classificadas com os elementos biológicos fitoplâncton e fauna piscícola. No primeiro caso obteve-se uma classificação de “Razoável” para o fitoplâncton e “Bom” para a fauna piscícola, ao passo que na massa de água Mondego-WB3 se obtiveram classificações associadas a um pior estado, de “Medíocre” para o fitoplâncton e “Razoável” para a fauna piscícola. A classificação preliminar para os elementos físico-químicos gerais resultou na sua classificação como Razoável para ambas as massas de água (devido aos elementos Nitratos+Nitritos, Oxigénio Dissolvido e Azoto Amoniacal). Estas massas de água são contíguas e recebem descargas de água doce de zonas ocupadas por campos agrícolas, contribuindo para um aumento das concentrações de nutrientes na água, sendo que a massa de água PT04MON0677 obteve a classificação de Razoável (ver capítulo RH4_P2_S6_1_RT) relativamente aos elementos físico-químicos gerais (devido aos elementos oxigénio dissolvido, % de saturação de Oxigénio, CBO5 e pH).

A massa de água Mondego-WB1 (PT04MON0681), classificada com base nos invertebrados, fitoplâncton (ambos classificados com Medíocre) e fauna piscícola (Razoável), e classificada preliminarmente como Razoável para os elementos físico-químicos gerais (devido aos elementos Nitratos+Nitritos e Azoto Amoniacal), sofre de perturbações físicas, nomeadamente dragagens e tráfego marítimo constantes, e de descargas de esgotos urbanos e industriais, o que deverá ter levado ao empobrecimento das comunidades e ao aumento da concentração de clorofila *a*.

Apesar de atualmente a massa de água Mondego-WB2 (PT04MON0682) já ter uma conectividade mais elevada com as restantes massas de água, foi durante muito tempo considerada um subsistema do estuário. Esta massa de água é assim ainda bastante influenciada por descargas de água doce ocasionais do rio Pranto que contêm elevados teores de nutrientes (massa de água PT04MON0691, que obteve a classificação de Razoável (ver capítulo RH4_P2_S6_1_RT), para os elementos físico-químicos gerais devido ao Azoto Amoniacal), o que poderá justificar as piores classificações (fitoplâncton e invertebrados), relativamente às outras massas de água. Adicionalmente, a classificação preliminar dos elementos físico-químicos gerais da massa de água Mondego-WB2 foi de Razoável, devido aos elementos Nitratos+Nitritos e Azoto Amoniacal, confirmando as elevadas concentrações de nutrientes.#

A massa de água do Lis (PT04MON0704) encontra-se em incumprimento devido à substância nonilfenol. Adicionalmente, a classificação preliminar dos elementos físico-químicos gerais da massa de água Lis foi de Razoável, devido aos elementos Azoto Amoniacal, Fosfato e Oxigénio Dissolvido. No Ribeiro da Tábua, massa de água PT04LIS0703, está referenciada uma indústria transformadora. No entanto, esta massa de



água não possui dados sobre o Estado Químico e obteve a classificação de Bom para os elementos físico-químicos gerais, embora esta classificação tenha sido efetuada com recurso a dados de simulação, e apenas para os elementos CBO₅ e Nitratos Totais.

A massa de água de transição Lis sofre ainda de profundas alterações morfológicas das margens.

6.1.1.4. Massas de Água “Costeira”

Como referido anteriormente, o elemento responsável pela atribuição da classificação inferior a Bom para as águas “Costeiras” pertencentes à área abrangida pelo PGBH do Vouga, Mondego e Lis foi o “Nonilfenol”¹.

Segundo o relatório das fontes difusas, relativamente à indústria transformadora, concluiu-se que as indústrias do couro e dos produtos do couro representam o sector que contribui com maior significado na descarga de cargas poluentes nas bacias hidrográficas do Vouga, Lis e Mondego, e que os efluentes da indústria do papel e do cartão também apresentam uma forte contribuição na região.

O ponto amostrado para o qual se verificou o incumprimento está situado, para a massa de água CWB-II-1B (PTCOST4): a sul do estuário do Douro (classificado como Inferior para os elementos químicos) e da Barrinha de Esmoriz que, embora tenha obtido classificação de Bom para os elementos químicos, foi referenciada pelo INAG como estando em risco devido ao seu estado químico; nas notas da amostragem do projeto EEMA em 2009 está referido que “A lagoa de Esmoriz é mantida fechada durante a época balnear, dado que contribui negativamente para a qualidade da água da zona costeira e, segundo informações de um técnico da ARH do Centro, este ano causou a perda da bandeira azul da praia de Esmoriz, dado terem ocorrido períodos em que não foi possível mantê-la fechada”.

Para a massa de água CWB-II-2 (PTCOST6), o ponto para o qual se verificou o incumprimento está localizado a sul da Ria de Aveiro, ligeiramente a norte da Vala de Escoamento das lagoas (massa de água PT04NOR0734, onde está referenciada uma indústria transformadora).

Para a massa de água CWB-II-3 (PTCOST89), o ponto onde foi verificado o incumprimento está localizado a sul do Lis, sendo que o ponto de amostragem localizado a norte da embocadura do Lis não se encontra em incumprimento.

¹ Nonilfenol e etoxilato de nonilfenol: O nonilfenol (NP) é utilizado principalmente como produto intermédio na produção de etoxilato de nonilfenol (NPE) e na produção de resinas. O nonilfenol (NP) é utilizado igualmente como intermediário na produção de um aditivo plástico (TNPP) que é utilizado como estabilizador de certos polímeros tais como o polietileno e o PVC. O nonilfenol nunca é utilizado tal e qual nas formulações ou aplicações do consumidor. Os etoxilatos de nonilfenol (NPE) constituem uma categoria de produtos químicos frequentemente utilizados como “detergentes” e produtos de limpeza em numerosos processos industriais. Também são utilizados na produção de pasta de papel, têxteis naturais e sintéticos, bem como dos couros. São também utilizados como aditivos (emulsionantes) em tintas de latex e de certos pesticidas. Na Europa, os etoxilatos de nonilfenol são utilizados já há muitos anos nos produtos correntes de limpeza doméstica e de higiene pessoal, como os detergentes líquidos para a lavagem de roupa, produtos de limpeza multi-usos, sabões e champôs. A maior parte dos NPE são despejados nos esgotos onde se decompõem em nonilfenol, um subproduto extremamente tóxico. Os etoxilatos de nonilfenol podem ser substituídos por etoxilatos de álcool (tensoactivos não iónicos) ou sulfonatos de alquilbenzeno linear, sulfonatos de alquilo, álcoois éter sulfatos (tensoactivos aniónicos) ou betaínas (tensoactivos anfotéricos). Estes tensoactivos são mais difíceis de sintetizar e, sobretudo, de obter muito puros (custo elevado). Para obter as mesmas propriedades dos etoxilatos de nonilfenol, a indústria tem, por vezes, de recorrer a diversos tensoactivos, o que faz aumentar o preço. Deve-se sublinhar que, segundo o porta-voz da CEFIC (Federação Europeia da Indústria Química), há substitutos, mas não para todas as operações, fonte: Jornal Oficial n.º C 133 de 06/06/2003, p.13-16.

Tendo em conta que a substância “Nonilfenol” não foi amostrada para a categoria de águas superficiais “Rios”, apenas se pode levantar a suspeita de que a sua presença nas águas Costeiras se deverá às fontes difusas apresentadas no relatório das pressões.

6.1.2. Águas Subterrâneas

6.1.2.1. Estado Quantitativo

Na Figura 0.14 - apresenta-se o Estado Quantitativo das 20 massas de água subterrâneas analisadas no âmbito do PGBH do Vouga, Mondego e Lis.

Massa de águas subterrâneas Cretácico de Aveiro

A massa de água subterrânea Cretácico de Aveiro foi classificada como em estado quantitativo medíocre devido a duas razões fundamentais. A primeira razão está relacionada com a reduzida área de recarga da massa de águas subterrâneas e o seu confinamento em dois terços da sua extensão, facto que limita a entrada da recarga atual e a renovação dos recursos disponíveis. A segunda razão prende-se com o volume atual de extrações, que se estima neste plano por defeito (existe ainda hoje um número considerável de captações sem licença de utilização) e já excede claramente o valor de recarga.

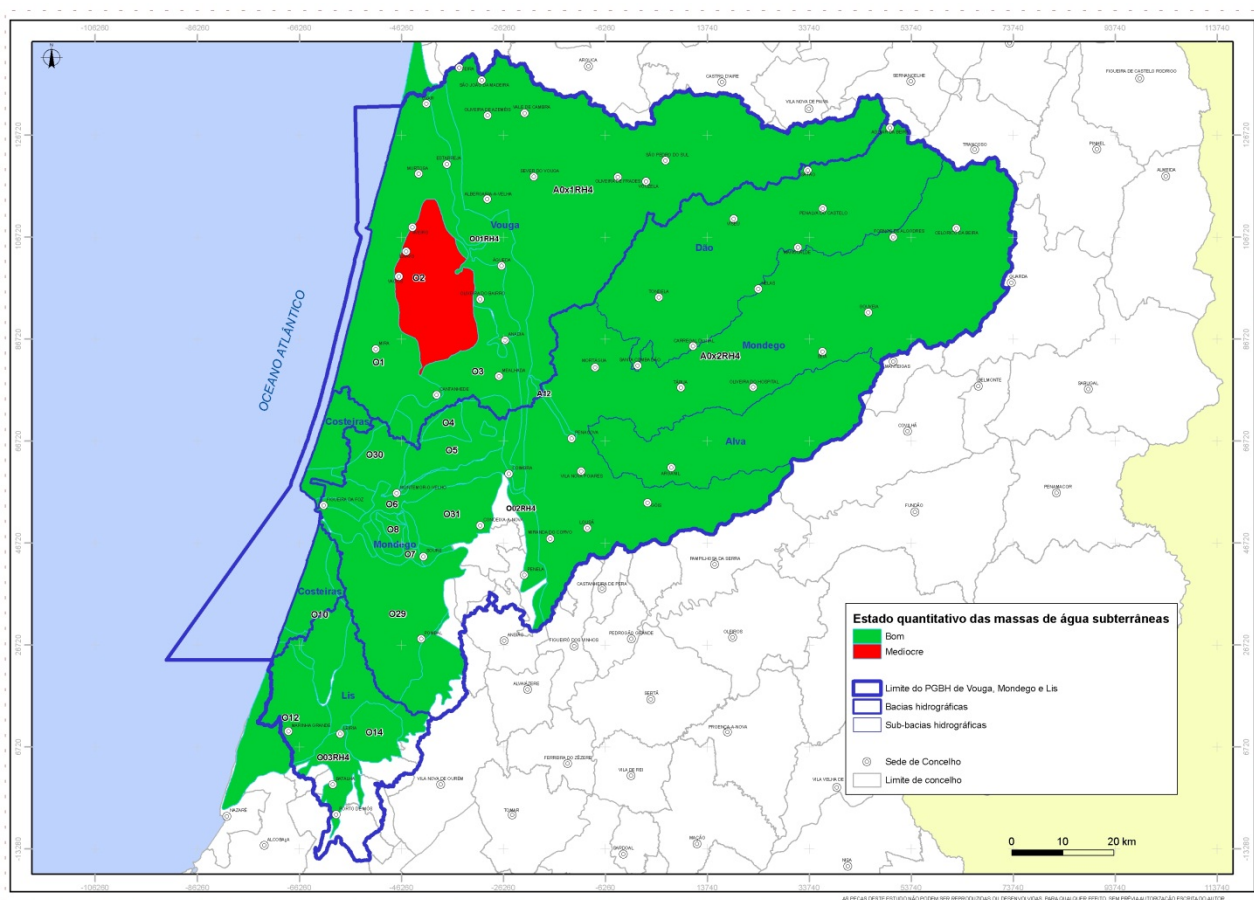


Figura 0.14 - Estado Quantitativo das massas de água subterrâneas



6.1.2.2. Estado Químico

A **Figura 0.15** - resume o Estado Químico das 20 massas de água subterrâneas analisadas no âmbito do presente PGBH do Vouga, Mondego e Lis.

Massa de águas subterrâneas Quaternário de Aveiro

A massa de águas subterrâneas Quaternário de Aveiro foi classificada como em estado qualitativo medíocre devido a duas razões fundamentais. Em primeiro lugar devido às condições hidrogeológicas da massa de água que confirmam um aquífero vulnerável (Índice de Suscetibilidade médio a alto), do tipo livre, com recarga direta por infiltração da água da chuva em toda a sua área e constituído por formações de elevada permeabilidade. Outra das razões relaciona-se com a existência de pressões difusas na área da massa de águas subterrâneas, nomeadamente, agricultura de subsistência (com taxas de adubação elevadas). Saliente-se que das massas de águas subterrâneas associadas a aquíferos diferenciados, a massa de água subterrânea Quaternário de Aveiro é a que apresenta maior carga total de azoto, cerca de 1538 ton (**Quadro 0.1**).

Verifica-se ainda a utilização de águas subterrâneas com elevadas concentrações de nitrato para irrigação (captadas na própria massa de água), o que favorece a reconcentração de nitrato na água.

Quadro 0.1 – Índice de vulnerabilidade da massa de águas subterrânea do Quaternário de Aveiro e pressão identificada como responsável pelo estado químico medíocre

| Código da Massa de Água | Designação da Massa de água | Índice de suscetibilidade médio | Média dos valores de nitrato (mg/L) | Carga total de azoto (ton) | Carga por unidade de área (kg/ha) |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| O1 | Quaternário de Aveiro | Médio a alto | 53 | 1538 | 17 |

Massa de águas subterrâneas Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Vouga

A classificação desta massa de águas subterrâneas como em estado qualitativo medíocre teve por base as estações de monitorização localizadas em terrenos indiferenciados do Quaternário, sobrejacentes à massa de águas subterrâneas do Cretácico de Aveiro. Na realidade, estes pontos estão na área contígua à massa de águas subterrâneas Quaternário de Aveiro refletindo na sua qualidade química o mesmo tipo de pressões difusas e apresentando o mesmo grau de vulnerabilidade acima referido (Quadro 0.2).

Quadro 0.2 – Índice de vulnerabilidade da massa de águas subterrânea da Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Vouga e pressão identificada como responsável pelo estado químico medíocre

| Código da Massa de Água | Designação da Massa de água | Índice de suscetibilidade | Média dos valores de nitrato (mg/L) | Carga total de azoto (ton) | Carga por unidade de área (kg/ha) |
|-------------------------|---|--|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| O01RH4 | Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Vouga | Baixo (total da massa de água) Médio a alto (área com pressão difusa significativa) | 96 | 470 | 18 |

Massa de águas subterrâneas Aluviões do Mondego

A classificação desta massa de águas subterrâneas como em estado qualitativo medíocre resulta da aplicação dos critérios de análise verificando-se que os valores de referência dos parâmetros químicos pH e NO₃ (em 2 dos 12 pontos de monitorização) excedem as normas de qualidade da água subterrânea definidas para esta massa de água. Embora os valores de pH observados possam ser eventualmente justificados como de fundo geoquímico natural, o mesmo já não acontece com as concentrações elevadas de nitratos observadas em alguns dos pontos de monitorização. Em dois piezómetros, as concentrações de nitratos excedem os valores máximos admissíveis para consumo humano (valor médio superior a 50 mg/l) e, em outros quatro piezómetros, os valores médios são já superiores a metade do valor do limiar estabelecido (> 25 mg/l).

Quadro 0.3 – Índice de vulnerabilidade da massa de águas subterrânea dos Aluviões do Mondego e pressão identificada como responsável pelo estado químico medíocre

| Código da Massa de Água | Designação da Massa de água | Índice de suscetibilidade | Média dos valores de nitrato (mg/L) | Carga total de azoto (ton) | Carga por unidade de área (kg/ha) |
|-------------------------|-----------------------------|--|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| O6 | Aluviões do Mondego | Baixo (total da massa de água) Médio a alto (área com pressão difusa significativa) | 23 | 385 | 26 |

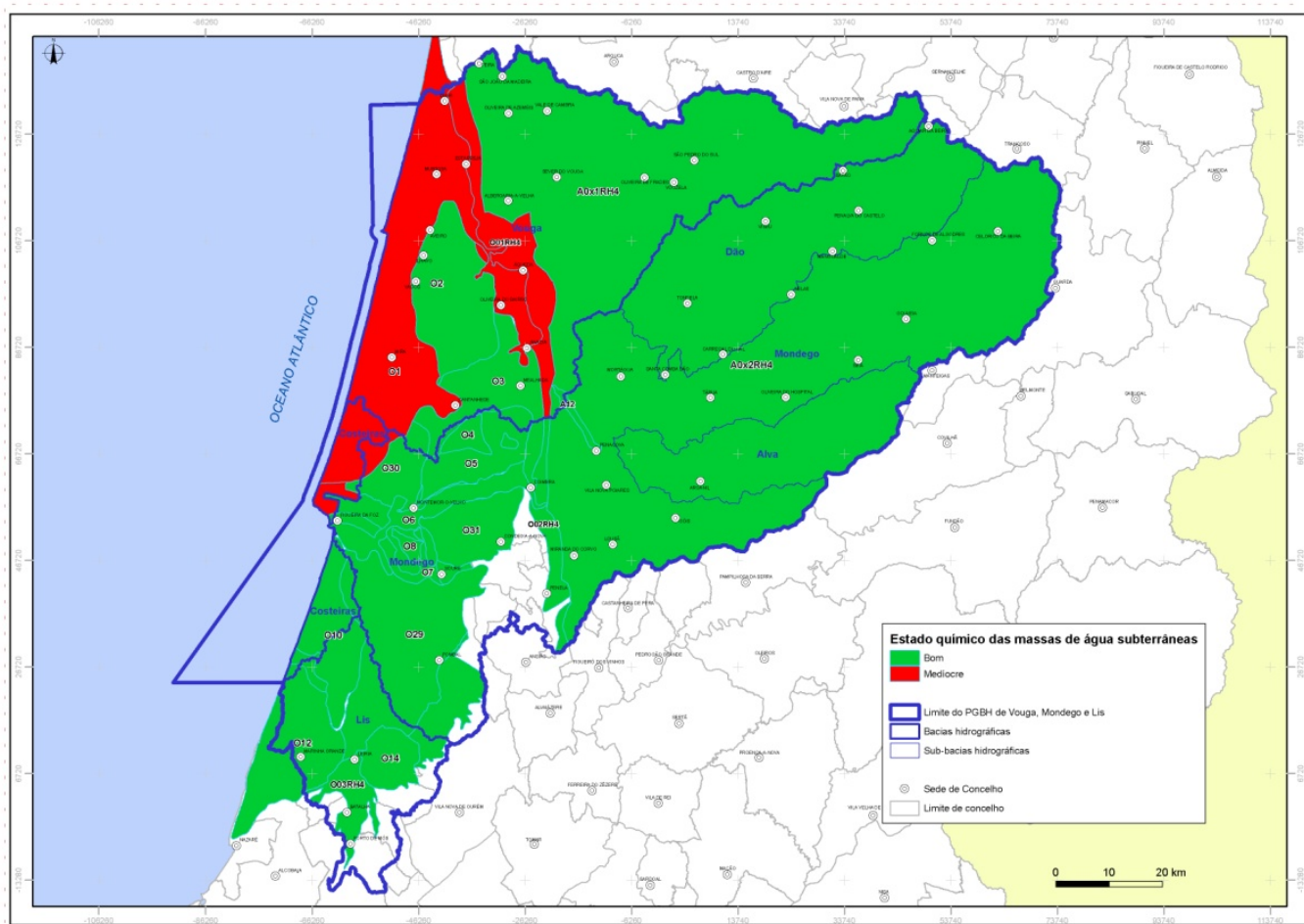


Figura 0.15 - Estado Químico das massas de água subterrâneas

Referências Bibliográficas

- Borja, A. & I. Muxika, (2005). Guidelines for the use of AMBI (AZTI's marine biotic index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 787-789.
- Carletti A. & Heiskanen A.S. (2009). Water Framework Directive intercalibration technical report Part 3: Coastal and Transitional waters. EUR 23838 EN/3 – 2009.
- Cortes RMV, Varandas S, Jesus J, Hughes S, Pinto AL, Saraiva JM, Santos CF, Pereira VR, Magalhães M (2011). Implementação de um programa de monitorização com vista à determinação do estado ecológico de rios da região Norte. Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro.
- Cortes RMV, Hughes S, Varandas S, Jesus J, Pinto AL, Saraiva JM, Santos CF, Pereira VR, Magalhães M (2011). Implementação de um programa de monitorização com vista à determinação do potencial ecológico de albufeiras da região Norte.
- Costa-Dias S.C., Sousa R., Antunes C. (2010) Ecological quality assessment of the lower Lima Estuary. *Mar Poll Bull* 61: 234-239.
- Foden J. (2007). Assessment metrics for littoral seagrass under the European Water Framework Directive; outcomes of UK intercalibration with the Netherlands. *Hydrobiologia* 579:187–197
- Garcia, P., Zapico, E., Colubi, A. (2009). An angiosperm quality index (AQI) for Cantabrian estuaries. *Ecological Indicators* 9: 856–865.
- INAG, I.P. (2009). Critérios para a Classificação do Estado das Massas de Água Superficiais – Rios e Albufeiras. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.
- INAG, I.P. (2010). Critérios para a Classificação do Estado das Massas de Água Superficiais – Águas de Transição e Costeira. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.
- Jornal Oficial n.º C 133 de 06/06/2003, p.13-16.
- Marques J.C., Salas F., Patrício J., Teixeira H., Neto J.M. 2009. Ecological indicators for coastal and estuarine environmental assessment. A user guide. WIT Press, U.K., 183 pp.
- Patrício J., Neto J.M., Teixeira H., Marques J.C. 2007. Opportunistic macroalgae metrics for transitional waters. Testing tools to assess ecological quality status in Portugal. *Marine Pollution Bulletin* 54: 1887-1896.
- Teixeira H., Neto J.M., Patrício J., Veríssimo H., Pinto R., Salas F., Marques J.C. 2009. Quality assessment of benthic macroinvertebrates under the scope of WFD using BAT, the Benthic Assessment Tool. *Marine Pollution Bulletin* 58: 1477-1486.
- Vasconcelos V, Cerqueira M (2001). Phytoplankton community of river Minho (International section). *Limnetica* 20: 135-141.
- Wetzel, R., (1993), *Limnologia*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.