



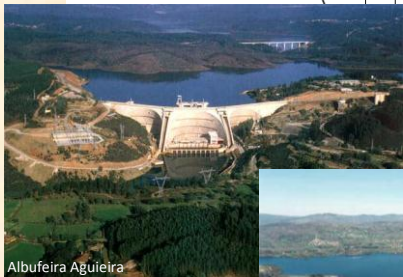
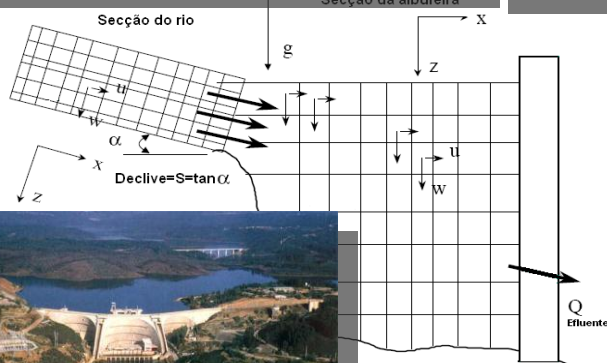
MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA QUALIDADE DA ÁGUA EM ALBUFEIRAS COM PLANOS DE ORDENAMENTO



Albufeira Santa Clara



Albufeira Castelo do Bode



Albufeira Aguieira



Albufeira Alto Rabagão

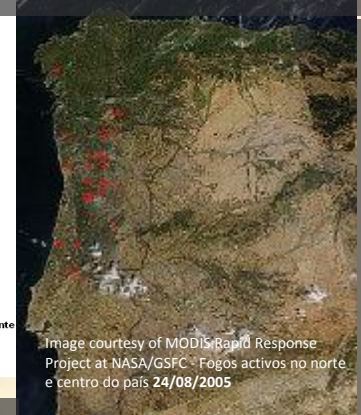


Image courtesy of MODIS Rapid Response Project at NASA/GSFC - Fogos activos no norte e centro do país 24/08/2005



Albufeira Crestuma-Lever

III - ALBUFEIRA DA AGUIEIRA



MODELAÇÃO MATEMÁTICA DA QUALIDADE DA ÁGUA EM ALBUFEIRAS COM PLANOS DE ORDENAMENTO

III - ALBUFEIRA DA AGUIEIRA

O trabalho de modelação matemática de qualidade da água da Albufeira da Agueira foi desenvolvido no âmbito de uma parceria técnico e científica entre o Instituto da Água, I.P e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Este documento deve ser citado do seguinte modo:

INAG, I.P. 2011. *Modelação Matemática da Qualidade da Água em Albufeiras com Planos de Ordenamento – III – Albufeira da Agueira*. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. Instituto da Água, I.P.

AUTORES:

PEDRO SANTOS COELHO

MANUEL ALMEIDA

NELSON MATEUS

COLABORADORES:

FELISBINA QUADRADO

MARGARIDA ALMODOVAR

DEZEMBRO DE 2011

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, MAR, AMBIENTE E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

EDIÇÃO

Instituto da Água, I.P.

COORDENAÇÃO

Departamento de Ordenamento e Regulação do Domínio Hídrico
Divisão de Administração das Utilizações

PRODUÇÃO GRÁFICA, IMPRESSÃO E ACABAMENTO

Instituto da Água, I.P.

DEZEMBRO, 2011

Nota Introdutória



Dr. Orlando Borges
Presidente do Instituto da Água, I.P

No âmbito das competências do Instituto da Água, I.P. em assegurar a nível nacional a execução da política no domínio dos recursos hídricos garantindo a sua gestão sustentável, as albufeiras de águas públicas assumem uma importância estratégica, não só pela sua relevância em termos económicos e sociais, mas também pela sua sensibilidade em termos ambientais.

As albufeiras constituem massas de água fortemente modificadas, cujo estado está essencialmente dependente dos usos existentes. A compatibilização destes usos com o atingir do bom potencial ecológico e do bom estado do químico é uma obrigação que assiste a Portugal desde 2000, e que deverá ser atingido até 2015. Os problemas de contaminação, risco de eutrofização e conflitualidade de usos dificultam o atingir deste objectivo tão exigente, expresso na Directiva Quadro da Água e transposto para a Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro.

O planeamento estratégico é assim um dos principais vectores que permite conciliar as diferentes utilizações e definir as medidas necessárias para proteger e melhorar a qualidade da água em geral e em particular destes meios lânticos.

Os Planos de Ordenamento das Albufeiras de Águas Públicas (POAAP), também designados como Planos de Ordenamento das Albufeiras (POA), são planos especiais de ordenamento do território que estabelecem níveis de protecção para o território por eles abrangido, tendo em vista a protecção e valorização dos recursos hídricos na sua área de intervenção, de modo a assegurar a sua utilização sustentável. São instrumentos de gestão do território que vinculam a Administração Pública e os particulares.

A promoção destes Planos, da responsabilidade do INAG, concorre para a melhoria e preservação da qualidade da água da albufeira, estabelecendo regimes de protecção que, em primeira instância, permitem estabelecer medidas tendentes ao controlo das fontes de poluição identificadas na zona terrestre de protecção (500m acima do NPA) e identificar os usos proibidos, condicionados e permitidos no plano de água, tendo a preocupação em salvaguardar os usos principais (abastecimento, rega ou produção de energia) e assegurar o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos. Os POA são instrumentos que determinam o modo como o território envolvente às albufeiras e as próprias albufeiras podem ser utilizadas considerando a capacidade do meio e dos sistemas que o constituem, promovendo o desenvolvimento das regiões que se inserem, sem

comprometer os recursos em presença e em particular os recursos hídricos. Estes Planos preconizam um modelo de desenvolvimento sustentável para territórios com características únicas, fruto da presença de reservatórios artificiais de água, para os quais se estabelece um patamar de exigências, tanto em termos de medidas como de instrumentos de gestão e de fiscalização.

Assim, cientes das exigências, cada vez mais complexas, a nível da garantia do bom estado nas massas de água fortemente modificadas e para assegurar que as medidas preconizadas nos POA serão conducentes para este objectivo, minimizando os riscos de eutrofização e articulando os diferentes usos, tornou-se evidente a necessidade de desenvolver instrumentos que permitam avaliar, para diferentes cenários de simulação definidos em função das opções dos POA, a evolução da qualidade da água. A utilização de modelos matemáticos foi o caminho escolhido, dado que constituem ferramentas de excelência para suporte à decisão e compreensão do comportamento das massas de água estudadas e para avaliar as estratégias definidas para a sua gestão sustentável.

Dada a especificidade dos estudos a realizar foi promovido uma colaboração científica com a Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade Nova de Lisboa atendendo ao seu reconhecido mérito nestas matérias.

A equipa do Departamento de Ciências e Tecnologia, liderada pelo Prof. Pedro Santos Coelho, que integra o Eng. Manuel Almeida e o Eng. Nelson Mateus, numa estreita e muito profícua colaboração técnica e científica com a equipa do INAG, constituída pela Arq. Margarida Almodovar e pela Eng.ª Felisbina Quadrado, desenvolveram uma série de estudos, que constituem instrumentos essenciais na gestão das massas de água seleccionadas.

Entre 2003 e 2011 foram desenvolvidos estudos que envolveram cinco albufeiras com POA aprovado, designadamente Castelo do Bode, Aguieira, Santa Clara, Alto Rabagão e Crestuma-Lever, seleccionadas por serem aquelas que, quer pela dimensão do plano de água, quer pela relevância dos usos principais a que estão associadas, desempenham uma função estratégica, aliada ao facto de terem sido identificados factores de pressão sobre a albufeira e zona terrestre envolvente. Assim e sobre a temática “Modelação Matemática da Qualidade da Água em Albufeiras com Planos de Ordenamento” foram desenvolvidos os seguintes Relatórios :

- I. Albufeira de Castelo do Bode.
- II. Albufeira de Castelo do Bode - Impacto da navegação recreativa a motor.
- III. Albufeira da Aguieira.
- IV. Albufeira de Santa Clara.
- V. Efeito de fogos florestais no regime de escoamento e na qualidade da água de rios e albufeiras.
- VI. Albufeira do Alto Rabagão.
- VII. Albufeira de Crestuma-Lever.
- VIII. Incremento dos valores da concentração de fósforo entre 2005 e 2006.

Que pela sua relevância e interesse importa agora partilhar, num momento em que se encerra um ciclo importante da gestão dos recursos hídricos.

Lisboa, Dezembro de 2011.

ÍNDICE

1 - Introdução	3
2 - Principais características da albufeira e da barragem da Aguieira	4
3 - Análise da evolução da qualidade da água na albufeira da Aguieira	6
4 - Principais características do modelo CE-QUAL-W2	14
5 - Representação conceptual do sistema a modelar	16
6 - Dados necessários ao funcionamento do modelo e estimativa das cargas poluentes afluentes à albufeira da Aguieira.....	17
6.1 - Dados hidrológicos	17
6.2 - Dados meteorológicos	18
6.3 - Dados de qualidade da água das afluências ao sistema	18
6.4 - Cargas poluentes geradas na área de intervenção do POAA	19
6.4.1 - Habitações isoladas localizadas na área de intervenção do POAA	21
6.4.2 - Lugares totalmente e parcialmente integrados na área de intervenção do POAA..	25
6.4.3- Empreendimentos turísticos localizados na área de intervenção do POAA	31
6.4.4 - Sistemas de tratamento de águas residuais urbanas localizados na área de intervenção do POAA	35
6.4.5 Sistemas de tratamento cujas descargas de águas residuais são efectuadas a jusante das estações de monitorização da qualidade da água, consideradas para a caracterização das afluências à albufeira da Aguieira, excluindo os localizados na área de intervenção do POAA	40
6.4.6 - Carga difusa de origem agrícola e florestal.....	48
7 - Calibração do modelo CE-QUAL-W2	55
7.1 – Introdução	55
7.2 - Condições iniciais de simulação.....	55
7.3 - Verificação do balanço de volumes.....	56
7.4 - Resultados obtidos no processo de calibração.....	57
7.4.1 – Introdução	57
7.4.2 – Temperatura.....	58
7.4.3 - Oxigénio dissolvido	60
7.4.4 - Carência bioquímica de oxigénio.....	62
7.4.5 - Nitratos e nitritos.....	64
7.4.6 – Azotoamoniaco.....	65
7.4.7 – Ortofosfatos.....	67
7.4.8 - Biomassa algal.....	68

7.4.9 – pH.....	70
7.4.10 - Sólidos dissolvidos totais (SDT).....	72
7.4.11 – Coliformes totais	74
7.4.12 – Coliformes fecais	76
8 - Cenários de simulação.....	78
8.1 – Introdução.....	78
8.2 - Definição dos cenários de simulação	78
8.3 - Integração dos cenários de simulação no modelo CE-QUAL-W2.....	80
9 - Resultados obtidos	85
9.1 – Introdução	85
9.2 - Cenário 1 / Cenário 1A.....	85
9.3 - Cenário 2	89
9.4 - Cenário 3	94
9.5- Cenário 4.....	98
9.6 - Cenário 5.....	102
9.7 - Cenário 6	106
9.8 - Cenário 7	109
10 - Análise da delimitação dos perímetros de protecção das captações superficiais de água para consumo humano na albufeira da Agueira	114
10.1 –Introdução	114
10.2 – Metodologia	115
10.3 - Análise de resultados	117
11 - Análise da potencial influência do campo de golfe previsto para a zona de Falgoroso do Maio na qualidade da água da albufeira da Agueira	120
11.1 – Introdução.....	120
11.2 – Metodologia	121
11.3 - Análise de resultados	123
12 – Conclusões	120
13 – Bibliografia	130

1. INTRODUÇÃO

O Instituto da Água (INAG) e o Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (DCEA/FCT/UNL), celebraram um protocolo relativo à colaboração técnico-científica na área da simulação matemática da qualidade da água da albufeira da Aguieira dem 2005.

No âmbito desse protocolo, contemplou-se a realização de um estudo que tem como objectivo a aplicação e calibração do modelo bidimensional de simulação matemática da hidrodinâmica e da qualidade da água CE-QUAL-W2 à albufeira da Aguieira, e o desenvolvimento de cenários de simulação considerando as opções do correspondente Plano de Ordenamento.

O presente relatório adopta uma estrutura que, para além da Introdução, assenta na apresentação dos seguintes elementos:

- ◆ - Descrição das principais características da albufeira e da barragem da Aguieira;
- ◆ - Breve análise da evolução da qualidade da água na albufeira da Aguieira;
- ◆ - Descrição das principais características do modelo CE-QUAL-W2;
- ◆ - Dados necessários ao funcionamento do modelo;
- ◆ - Estimativa das cargas poluentes afluentes à albufeira Aguieira;
- ◆ - Calibração do modelo CE-QUAL-W2;
- ◆ - Descrição dos diferentes cenários de simulação considerados;
- ◆ - Análise dos resultados obtidos;
- ◆ - Análise da delimitação dos perímetros de protecção das captações superficiais de água para consumo humano na albufeira da Aguieira;
- ◆ - Influência da fertilização do campo de golfe previsto para a zona de Falgoroso do Maio na qualidade da água da albufeira da Aguieira;
- ◆ - Conclusões.

2. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA ALBUFEIRA E DA BARRAGEM DA AGUIEIRA

A barragem da Aguieira localiza-se no rio Mondego, no limite dos concelhos de Penacova e de Mortágua, distrito de Coimbra (Figura 1). A albufeira da Aguieira corresponde a uma área que engloba território correspondente a um total de seis concelhos: Penacova, Carregal do Sal, Mortágua, St^a Comba Dão, Tábua e Tondela.

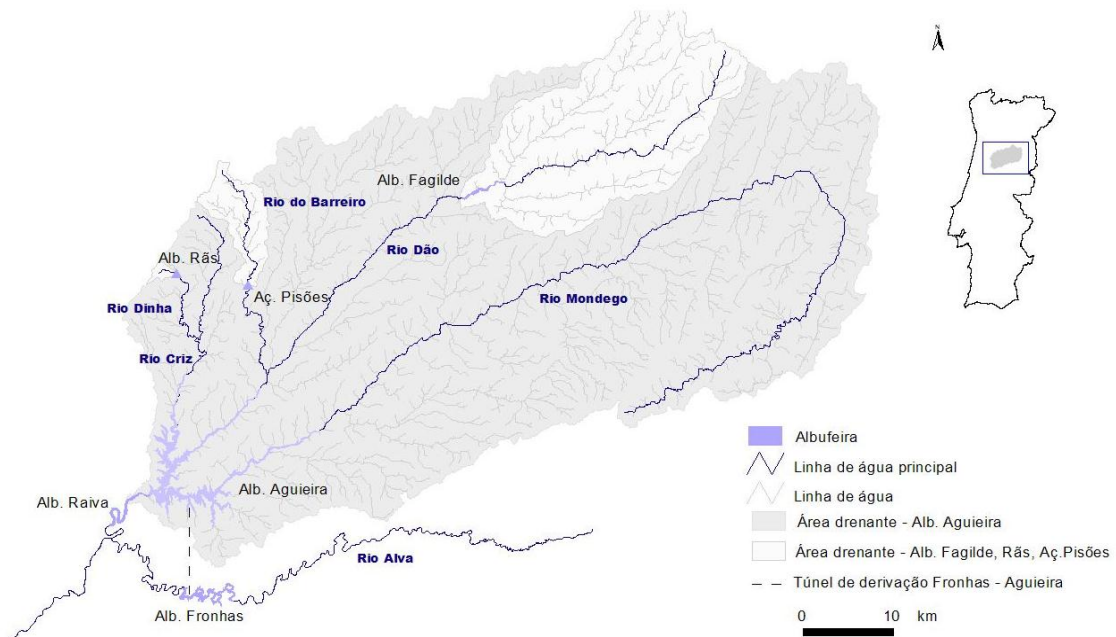


Figura 1. Albufeira da Aguieira: localização e área drenante

A área da bacia hidrográfica drenante para a albufeira da Aguieira é de aproximadamente 3 100 km². A área inundada à cota do NPA (nível de pleno armazenamento) (124.7 m) é de aproximadamente 2 000 ha e a capacidade total de armazenamento é de 423 hm³. O NMC (nível de máxima cheia) está à cota de 126 m e o Nme (nível mínimo de exploração) é de 110 m.

Os usos principais da albufeira correspondem ao abastecimento de água (populações, indústria e agricultura) e produção de energia hidroelétrica, sendo que a pesca, os banhos e natação, bem como a navegação recreativa a remo e à vela, constituem usos secundários.

A barragem da Aguieira integra-se no Plano Geral de aproveitamento hidráulico da bacia hidrográfica do rio Mondego. Associado com o aproveitamento da Aguieira encontram-se as barragens da Raiva e de Fronhas. A albufeira criada por esta última permite, através de um túnel de derivação com 8,2 km, a transferência de água do rio Alva para o rio Mondego.

A albufeira da Raiva, a fio de água, completa o empreendimento de fins múltiplos Aguieira-Raiva, criando, a jusante da Aguieira, o respectivo contra-embalse que permite o bombeamento de água para montante através dos grupos reversíveis que equipam a central da barragem da Aguieira, possibilitando o aumento de mais-valias ao nível de produção de energia hidroelétrica no aproveitamento.

No Quadro 1, são apresentadas as principais características da barragem da Aguieira e dos seus órgãos de segurança.

Quadro 1. Características da barragem da Aguieira

CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM
Localização – Concelhos de Penacova e Mortágua
Tipo - Arcos múltiplos, formada por três arcos e dois contrafortes centrais
Altura acima da fundação - 89 m
Cota do coroamento - 126 m
Desenvolvimento do coroamento - 400 m
Fundação - Xistos e Grauvaques
Volume de betão - 365 x 1000 m ³
CARACTERÍSTICAS DOS DESCARREGADORES DE CHEIA
Número - Dois
Localização - No corpo da barragem
Tipo de descarregador - Sobre a barragem
Cota da crista da soleira - 111 m
Desenvolvimento da soleira - 2 x 9,5 = 19 m
Comportas: 2 comportas de segmento
Caudal máximo descarregado - 2080 m ³ /s
Dissipação de energia - Trampolim
CARACTERÍSTICAS DO DESCARREGADOR DE FUNDO
Localização - Talvegue
Secção da conduta - 2,50m x 1,80m
Caudal máximo - 180 m ³ /s
Controlo a jusante

Fonte: Sítio da Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens – <http://cnpqb.inag.pt/>

3. ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA ALBUFEIRA DA AGUIEIRA

Os dados de qualidade utilizados na análise realizada provêm, no essencial, de duas fontes distintas: o Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), do INAG e a Labeltec do Grupo Energias de Portugal (EDP).

Apesar do ponto de amostragem da EDP situado mais próximo da barragem se localizar a aproximadamente 250 m a montante da estação do SNIRH (11H/05), considerou-se que a informação recolhida em ambos os locais de amostragem, devido à sua proximidade, permitiria caracterizar a qualidade da água da secção mais próxima da barragem.

O período temporal analisado, 17 anos (1989 – 2005), permitiu avaliar a tendência evolutiva da qualidade da água da albufeira, considerando os critérios de qualidade para a produção de água para consumo humano e para o uso balnear, que constam do Decreto-Lei n.º236/98 de 1 de Agosto, que regula a qualidade das águas doces superficiais para diferentes usos.

A avaliação do estado trófico da albufeira foi realizada comparando os valores médios de concentração de oxigénio dissolvido (OD), clorofila-a e fósforo total (P_{total}) com a classificação do estado trófico das massas de água doce superficiais estabelecida pelo INAG (Quadro 2).

Quadro 2. Grelha de classificação do estado trófico em albufeiras (INAG)

Parâmetro	OLIGOTRÓFICO	MESOTRÓFICO	EUTRÓFICO
Fósforo Total (mg P/m ³)	< 10	10 - 35	> 35
Clorofila-a (mg/m ³)	< 2.5	2.5 - 10	> 10
OD %	-	-	< 40

Nas Figuras 2 a 14 podem observar-se os valores de concentração à superfície dos parâmetros descritores de qualidade da água considerados na análise realizada, assim como uma linha de tendência média, que contribuiu para avaliar a evolução da qualidade da água no período de tempo considerado.

A análise da Figura 2 permite verificar que os valores de concentração de oxigénio dissolvido (OD) apresentam uma tendência de diminuição a partir do final do ano de 1998, quando comparados com o período antecedente, o que poderá ser indicativo da afluência de cargas poluentes e da consequente degradação da qualidade da água. No entanto, na Figura 3 pode observar-se que, em média, os valores de concentração de OD, expressos em termos de percentagem de saturação, são superiores ao VMR para a classe A1 e ao valor que limita a classificação do estado eutrófico para este parâmetro.

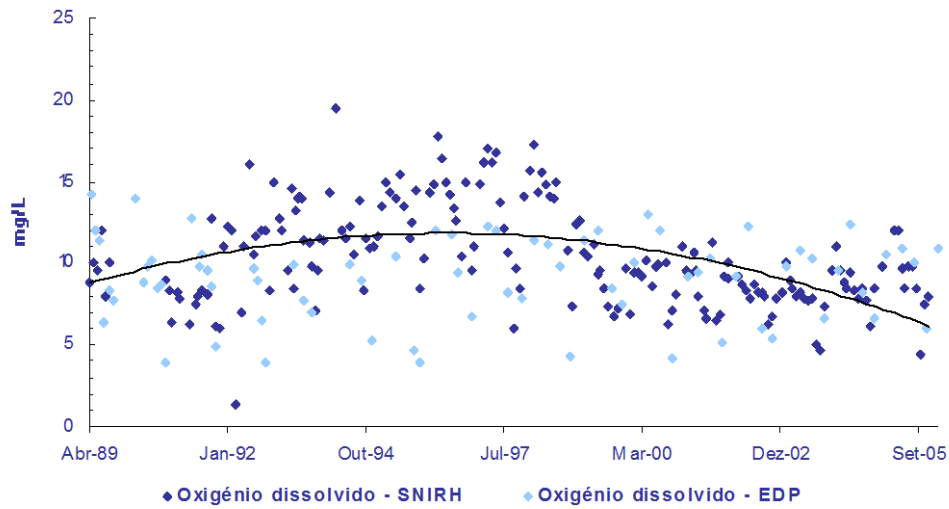


Figura 2. Evolução da concentração de OD na albufeira da Aguieira à superfície

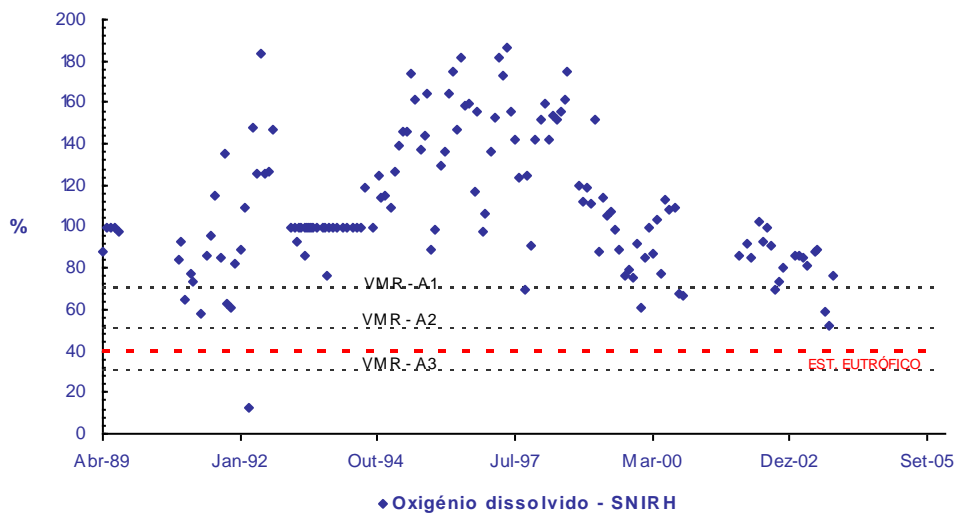


Figura 3. Evolução da concentração de OD expresso em percentagem de saturação na albufeira da Aguieira à superfície

Os valores de concentração da carência bioquímica de oxigénio ao fim de 5 dias (CBO5) são, em média, inferiores ao VMR da classe A1 (Figura 4), tendo-se verificado, em consonância com o registado para o OD, que os valores de concentração deste parâmetro aumentaram ligeiramente a partir do final do ano de 1998. No entanto, pode observar-se que ao longo do período de tempo avaliado existem valores de concentração elevados, potencialmente indicadores de situações pontuais de poluição.

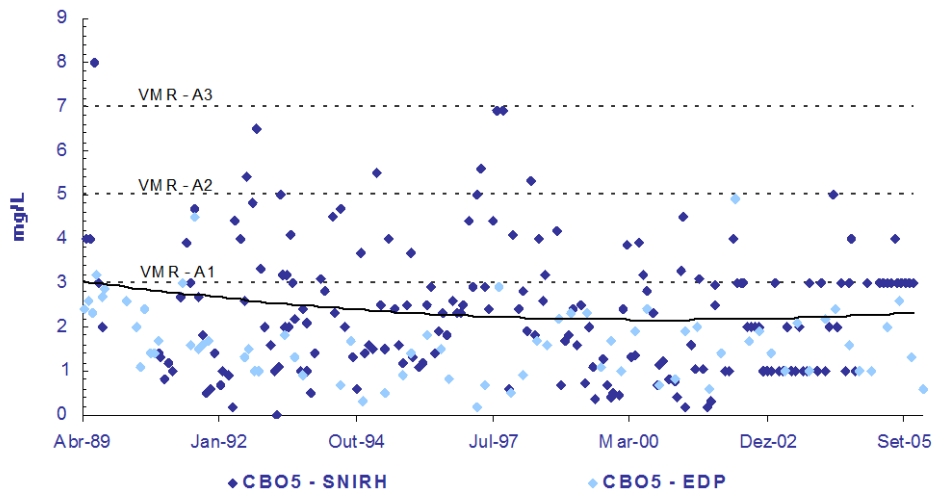


Figura 4. Evolução da concentração da CBO_5 na albufeira da Aguieira à superfície

Na Figura 5, pode observar-se que a linha de tendência dos valores de concentração de clorofila-a, indica que a albufeira se encontra no limite entre o estado mesotrófico e o estado eutrófico, podendo verificar-se a existência de elevados valores de concentração deste parâmetro, tendo-se registado um máximo de 48 $\mu\text{g/L}$ em Maio de 2004. Verifica-se, também, que os valores mais elevados deste parâmetro ocorreram a partir do ano 2000, o que poderá indiciar uma tendência para a eutrofização desta massa de água, de acordo com os limites estabelecidos para a clorofila-a.

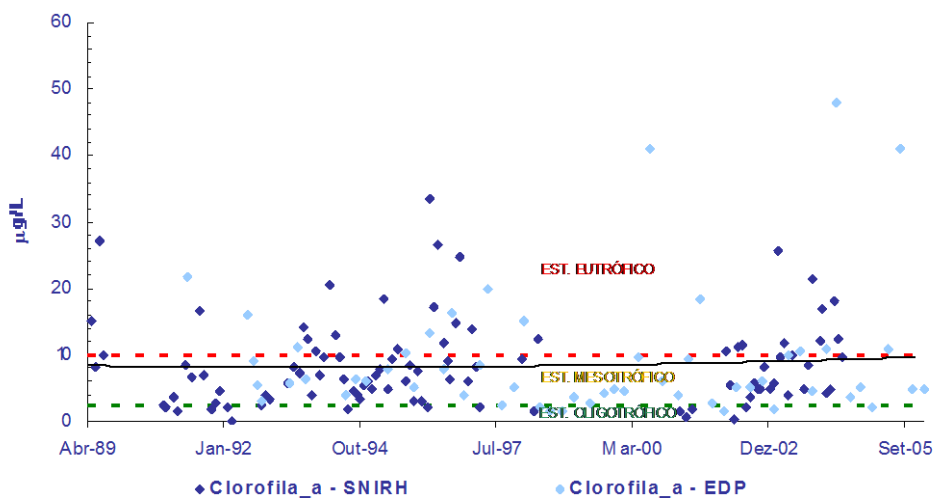


Figura 5. Evolução da concentração de Clorofila-a na albufeira da Aguieira à superfície

Relativamente aos valores de concentração de fósforo total (P_{total}) (Figura 6), verifica-se que, em média, estes estão acima do valor limite para o estado eutrófico. De facto, e de acordo com o relatório que classifica as zonas sensíveis em Portugal continental (CARMONA, ANTÓNIO et. al., 2003) a albufeira da Aguieira foi considerada eutrófica, tendo esta classificação sido atribuída em função da média dos valores de P_{total} .

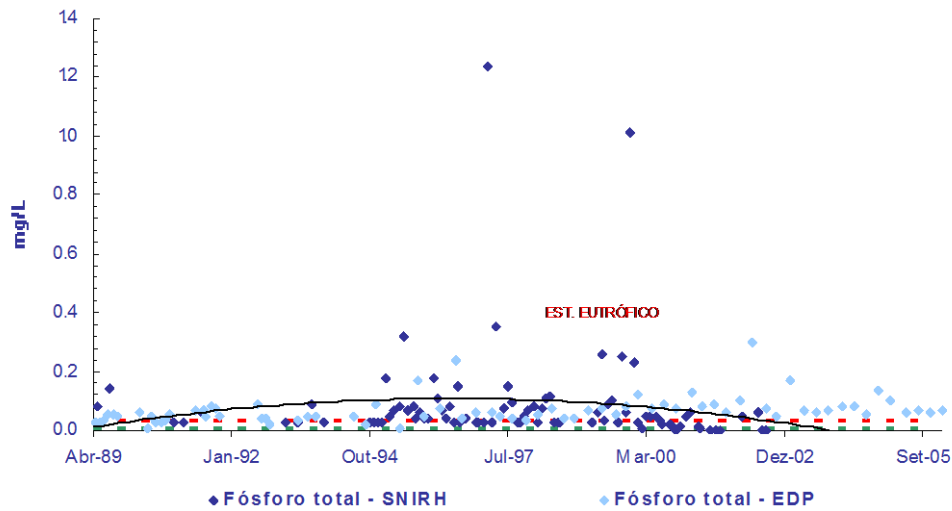


Figura 6. Evolução da concentração de Fósforo total na albufeira da Aguieira à superfície

A análise das Figuras 7, 8 e 9, permite verificar que, na grande maioria dos casos, os valores de concentração de ortofosfatos (PO_4) de azoto amoniacal (NH_4), e de nitratos (NO_3), são inferiores ao VMR da classe A1. No entanto, apesar de pouco significativa, verifica-se uma tendência para o aumento da concentração destes parâmetros, nomeadamente no que se refere ao NH_4 e durante os anos de 2000 a 2002.

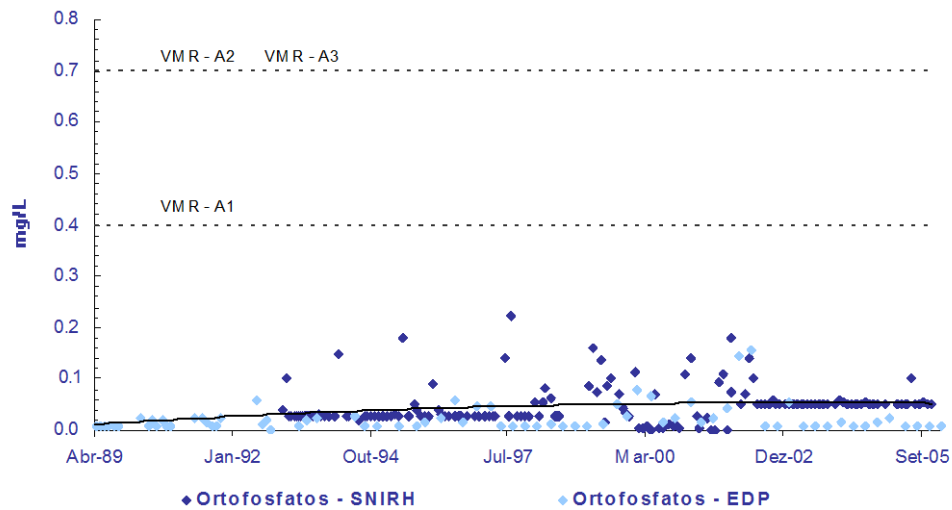


Figura 7. Evolução da concentração de Ortofosfatos na albufeira da Aguieira à superfície

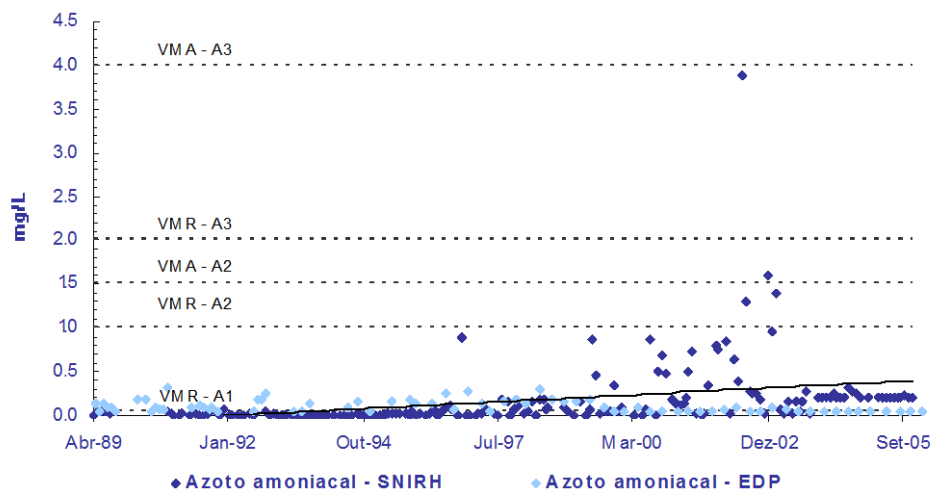


Figura 8. Evolução da concentração de Azoto amoniacal na albufeira da Aguieira à superfície

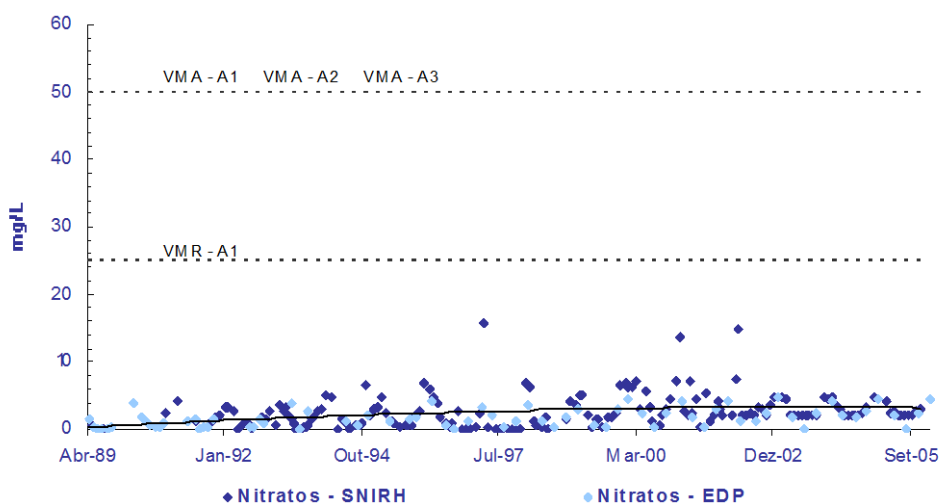


Figura 9. Evolução da concentração de Nitratos na albufeira da Aguieira à superfície

Os valores de concentração de nitritos (NO_2), registados nas amostragens realizadas pela EDP (Figura 10), indicam que ao longo do período de tempo analisado se manteve um padrão relativamente baixo de concentração deste parâmetro. No entanto, os valores de concentração observados na estação de monitorização da qualidade da água do SNIRH, evidenciam um aumento da concentração deste parâmetro, temporalmente localizada entre os anos de 1997 e 1998.

Inicialmente, tentou-se avaliar a possibilidade de existir uma relação entre a evolução temporal da concentração de clorofila-a e os valores de concentração de nutrientes (NO_2 , NO_3 , NH_4 , PO_4 , e P_{total}). No entanto, não foi possível identificar um padrão que evidenciasse qualquer interacção entre a produção de biomassa algal e a disponibilidade de nutrientes.

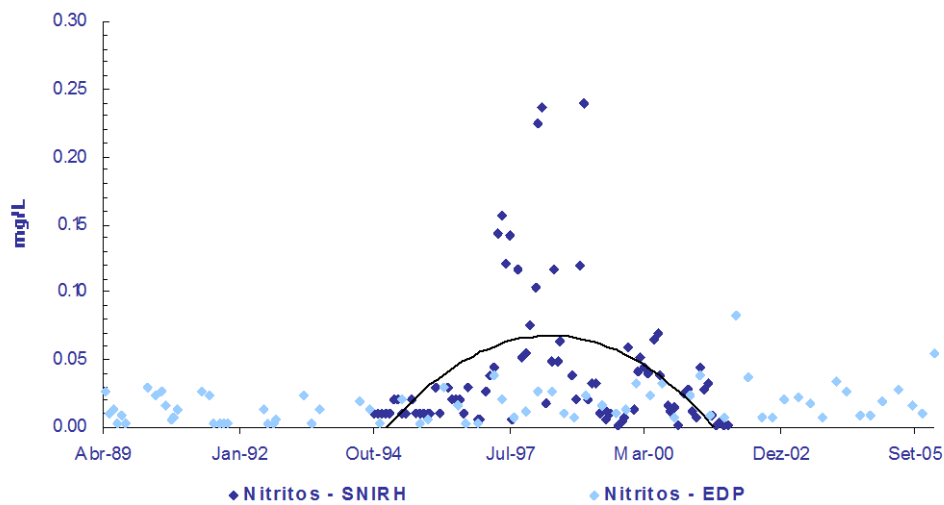


Figura 10. Evolução da concentração de Nitritos na albufeira da Aguieira à superfície. Relativamente aos valores de concentração de sólidos suspensos totais (SST) (Figura 11) verifica-se, pontualmente a existência de valores de concentração elevados, superiores aos limites estabelecido para o VMR da classe A1. No entanto, em média, tem-se verificado uma redução dos valores de concentração deste parâmetro ao longo dos últimos anos e no que se refere à série temporal avaliada.

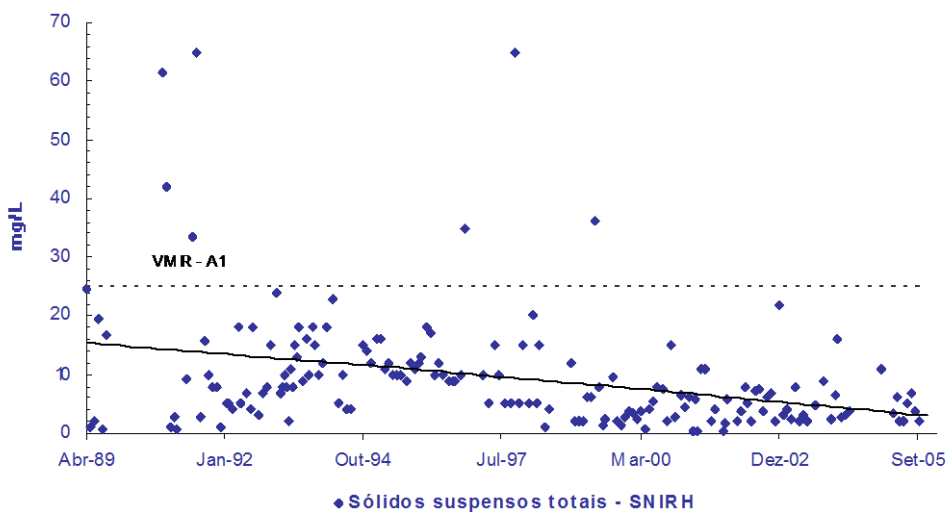


Figura 11. Evolução da concentração de SST na albufeira da Aguieira à superfície

Os valores de pH observados na albufeira da Aguieira (Figura 12), têm variado ao longo dos anos entre os valores mínimo e máximo de 6.2 e 10.5, respectivamente. Apesar de em termos médios os valores de pH se encontrarem dentro dos limites estabelecidos para o VMR da classe A1, verifica-se a existência de elevados valores de pH observados na massa de água, que em alguns casos estão acima dos valores limites correspondentes ao VMR das classes A2 e A3.

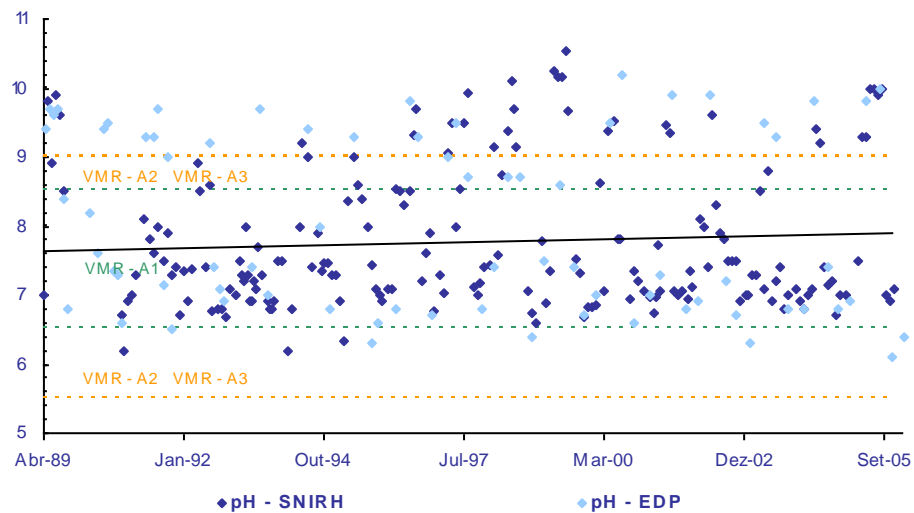


Figura 12. Evolução do pH na albufeira da Aguieira à superfície

A análise dos valores de concentração de coliformes fecais e totais, foi desenvolvida considerando os limites de qualidade para o uso balnear, que constam do Decreto-Lei n.º236/98 de 1 de Agosto. Verifica-se que para ambos os constituintes a generalidade dos valores observados (Figuras 13 e 14) encontram-se abaixo dos valores estabelecidos para o VMR da classe A2. No entanto, verificou-se a existência de alguns valores mais elevados, indicadores de situações pontuais de contaminação microbiológica.

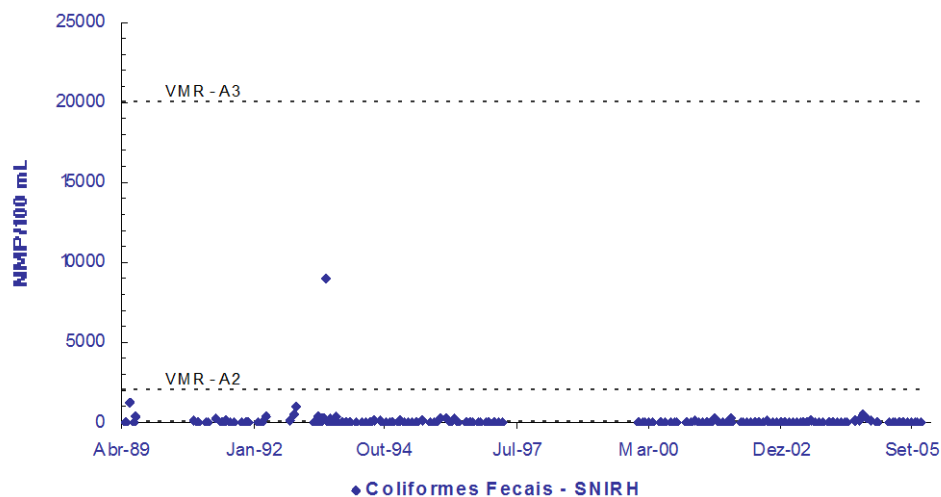
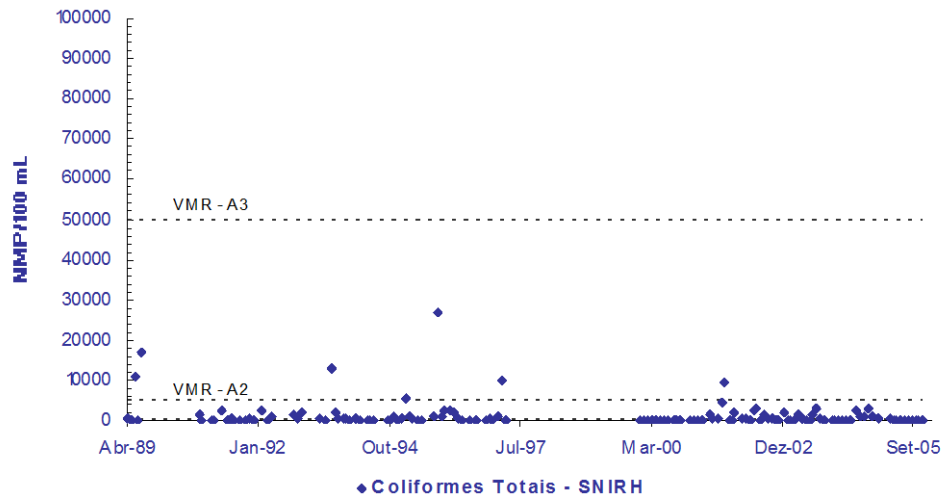


Figura 13. Evolução da concentração de coliformes fecais na albufeira da Aguieira à superfície



Nota: foi observado um valor de 420 000 NMP/ 100 mL que não foi incluído na figura para permitir uma melhor análise dos restantes valores

Figura 14. Evolução da concentração de Coliformes totais na albufeira da Aguieira à superfície

4. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO MODELO CE-QUAL-W2

Para o desenvolvimento dos estudos de simulação matemática da qualidade da água da albufeira da Aguieira, optou-se pela utilização de um modelo bidimensional – o CE-QUAL-W2.

Trata-se de um modelo que permite a simulação da hidrodinâmica e da qualidade da água de uma albufeira segundo as direcções longitudinal e vertical do sistema, sendo lateralmente homogéneo, e por isso indicado para o estudo de massas de água longas e estreitas, com gradientes longitudinais e verticais de qualidade da água (COLE e WELLS, 2002). O referido modelo permite a definição de uma grelha representativa do sistema em estudo, dividida em segmentos (longitudinalmente) e camadas (verticalmente), cuja dimensão pode variar de segmento para segmento e de camada para camada, permitindo aumentar a resolução da informação a extrair onde seja necessário.

O código da parte hidrodinâmica foi inicialmente desenvolvido por EDINGER e BUCHAK (1978). A adição de algoritmos de qualidade da água resultou no modelo CE-QUAL-W2 V1.0 (MARTIN, 1987, 1988). As alterações realizadas posteriormente, orientadas de forma a tornar o modelo mais preciso e de mais fácil utilização, resultaram no CE-QUAL-W2 V2.0 (COLE e BUCHAK, 1995). Melhorias adicionais na hidrodinâmica, soluções numéricas e nos algoritmos de qualidade da água deram origem ao CE-QUAL-W2 V3.1 (COLE e WELLS, 2002) e, posteriormente, ao CE-QUAL-W2 V3.2 (COLE e WELLS, 2004).

Este modelo tem sido aplicado com sucesso em várias centenas de estudos técnicos e científicos de simulação matemática de qualidade da água. É um dos modelos de eleição de várias agências dos Estados Unidos da América onde se incluem a “Environmental Protection Agency” e o “United States Army Corps of Engineers”, no que se refere à simulação hidrodinâmica e de qualidade da água de albufeiras.

Como principais características do modelo podem referir-se as seguintes:

- a) é aplicável a vários tipos e combinações de massas de água: rios, lagos, albufeiras e estuários;
- b) é aplicável a múltiplas massas de água em simultâneo;
- c) permite a simulação de vários ramos de um sistema, bem como a consideração de múltiplas entradas e saídas de água;
- d) permite a simulação de diversos constituintes, dos quais se salientam a temperatura, oxigénio dissolvido, nitratos e nitritos, fosfatos, biomassa algal, salinidade, azoto amoniacal e sólidos dissolvidos totais;
- e) tem a capacidade de modelar qualquer tipo de sólidos suspensos inorgânicos, algas e os diferentes parâmetros que determinam consumo de oxigénio dissolvido, bem como os seus efeitos nas interacções entre algas, nutrientes e o próprio oxigénio dissolvido;
- f) permite modelar constituintes arbitrários conservativos e não conservativos;
- g) tem capacidade para simular com bastante precisão a hidrodinâmica do sistema.

Para apresentação e análise das saídas do modelo está disponível uma interface, que permite a visualização dos resultados das simulações sob a forma de perfis verticais em qualquer secção da albufeira, perfis longitudinais para a globalidade da massa de água e séries temporais para qualquer ponto da albufeira.

5. REPRESENTAÇÃO CONCEPTUAL DO SISTEMA A MODELAR

No caso do modelo CE-QUAL-W2 a representação conceptual da massa de água é conseguida através de uma grelha computacional, obtida a partir da batimetria do sistema, definida por ramos, divididos em segmentos (espaçamento longitudinal) e camadas (espaçamento vertical). O espaçamento longitudinal e vertical pode variar de segmento para segmento e de camada para camada. No entanto, esta variação deve ser gradual, de modo a evitar erros de discretização e de difusão numérica.

A batimetria da albufeira da Aguieira foi representada recorrendo a cartas topográficas à escala 1:25 000, anteriores à construção da barragem, nas quais foi possível identificar as curvas de nível no interior da actual albufeira, bem como a cartas topográficas à escala 1:25 000, mais recentes, posteriores à construção da barragem, onde foi possível verificar os limites da área superficial da albufeira ao NPA.

A albufeira foi dividida em 3 ramos, correspondendo o ramo 1 ao rio Mondego, o ramo 2 ao rio Dão e o ramo 3 ao rio Criz. O caudal afluyente à albufeira da Aguieira através do túnel de derivação, que permite a transferência de água da albufeira de Fronhas para a albufeira da Aguieira, e o caudal bombeado do aproveitamento da Raiva para a albufeira da Aguieira, afluem ao sistema através da definição de dois tributários (Figura 15). Posteriormente, a definição de diferentes cenários de simulação implicou a consideração adicional de 31 tributários, de acordo com o referido em detalhe ao nível da secção 8.3 do Capítulo 8 do presente relatório.

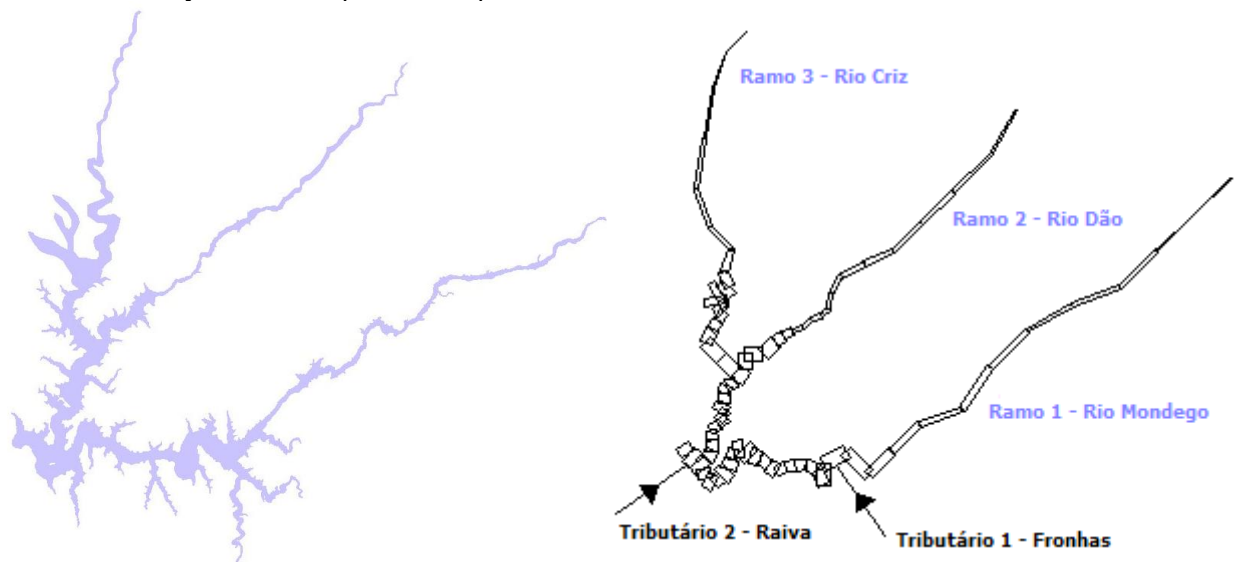


Figura 15. Representação conceptual da albufeira da Aguieira

6. DADOS NECESSÁRIOS AO FUNCIONAMENTO DO MODELO E ESTIMATIVA DAS CARGAS POLUENTES AFLUENTES À ALBUFEIRA DA AGUIEIRA

Nas secções seguintes são identificados os principais tipos de dados de entrada necessários ao funcionamento do modelo CE-QUAL-W2, bem como as fontes de informação que foram utilizadas para a obtenção desses dados. Adicionalmente, procedeu-se também à estimativa das cargas poluentes afluentes à albufeira da Aguieira, diferenciando-se as correspondentes origens.

6.1. Dados hidrológicos

Para a determinação dos valores do caudal afluente ao sistema, durante o ano civil de 2004, procedeu-se, em primeiro lugar, ao cálculo do escoamento gerado nas áreas drenantes a esta albufeira. Para esse efeito foram considerados os valores de precipitação diária disponibilizados pelo SNIRH para 21 estações meteorológicas, tendo-se calculado a precipitação total diária ponderada através do método dos polígonos de Thiessen (Figura 16). Para o cálculo das áreas de influência de cada uma das estações foi utilizado um sistema de informação geográfica, o Arcview 3.2®.

Assim, o escoamento foi determinado com base na precipitação ponderada sobre a área drenante, e considerando um coeficiente de escoamento de 0.3 para o semestre seco e de 0.4 para o semestre húmido, obtidos através das cartas de precipitação e de escoamento do Atlas do Ambiente.

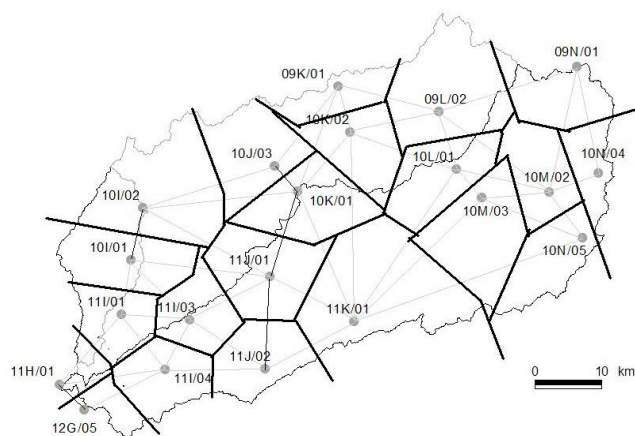


Figura 16. Localização das estações meteorológicas utilizadas no cálculo da precipitação ponderada

Os valores de caudal afluente transferido a partir da albufeira de Fronhas, os caudais lançados para jusante através do sistema de produção de energia hidroelétrica da barragem da Aguieira, os caudais captados para consumo municipal, os caudais descarregados, e a variação do volume armazenado na albufeira foram obtidos através do SNIRH. Considerando esses valores, foi realizado um balanço de volumes que permitiu estimar o caudal bombeado a partir do contra-embalse da Raiva para a albufeira da Aguieira através dos grupos reversíveis que equipam a central da barragem da Aguieira.

6.2. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos são utilizados no modelo CE-QUAL-W2 essencialmente ao nível dos balanços de energia na interface ar-água, para determinação da temperatura da água. Englobam parâmetros como a temperatura do ar, a temperatura do ponto de orvalho, a nebulosidade, a humidade relativa e a velocidade e direcção do vento.

Os valores destes parâmetros foram obtidos através dos registos da estação meteorológica de Alagoa (12G/05), disponibilizados no SNIRH, e dos elementos contidos nas normais climatológicas correspondentes aos valores observados na estação de Nelas, entre os anos de 1951 e 1981.

Assim, e com excepção da nebulosidade, todos os valores considerados foram observados na estação de Alagoa. Estes valores foram obtidos com uma discretização diária, tendo-se posteriormente calculado as médias mensais dos mesmos. Relativamente à nebulosidade, e como solução de recurso, foram considerados os valores das normais climatológicas da estação de Nelas, com uma discretização mensal.

6.3. Dados de qualidade da água das afluições ao sistema

Numa fase inicial consideraram-se como pontos de afluição ao sistema os três ramos da albufeira submetidos a simulação (rio Mondego, rio Dão e rio Criz), e os dois tributários correspondentes aos caudais afluentes à albufeira da Aguieira a partir das albufeiras de Fronhas e da Raiva. Como ponto de efluência foi considerado o sistema de produção de energia hidroeléctrica da barragem da Aguieira. Numa fase posterior, e tal como foi referido anteriormente, foram considerados 31 tributários adicionais, resultantes da definição de diferentes cenários de simulação, de acordo com o referido em detalhe ao nível da secção 8.3 do Capítulo 8 do presente relatório.

Para as entradas de água no sistema, correspondentes aos três ramos da albufeira e aos dois tributários da mesma foram considerados valores de caudal, de temperatura, de pH e de concentração dos diferentes constituintes submetidos a simulação.

Para a obtenção dos dados que permitiram caracterizar a qualidade dessas afluições ao sistema, durante o ano civil de 2004, recorreu-se aos elementos disponibilizados através do SNIRH, para as estações de qualidade de Nelas (10k/03), Ferreirós (11l/01), Aguieira - Stª Comba Dão (11l/11), Ponte S. Jorge (11l/12), Alb. Fronhas (12l/03), Aç. Raiva (12H/05) e ainda os dados recolhidos pelo grupo EDP para a albufeira da Aguieira. Para os 31 tributários posteriormente considerados, os valores de caudal e de concentração dos parâmetros considerados (NH_4 , N-NO_x , P-PO_4 , CBO_5 , coliformes fecais e coliformes totais), resultaram do cálculo das cargas poluentes inerentes à definição dos diferentes cenários considerados.

Na Figura 17, pode observar-se a localização das referidas estações, e das secções definidas como ponto de afluição à albufeira da Aguieira. A relação entre a origem dos dados e a secção onde estes foram utilizados encontra-se sintetizada no Quadro 3. Como se poderá verificar através da análise desse Quadro, nalguns casos os valores considerados foram conseguidos através de estimativas

baseadas em registos obtidos noutros locais, de forma a ultrapassar lacunas encontradas ao nível dos dados de qualidade da água em várias estações de monitorização.

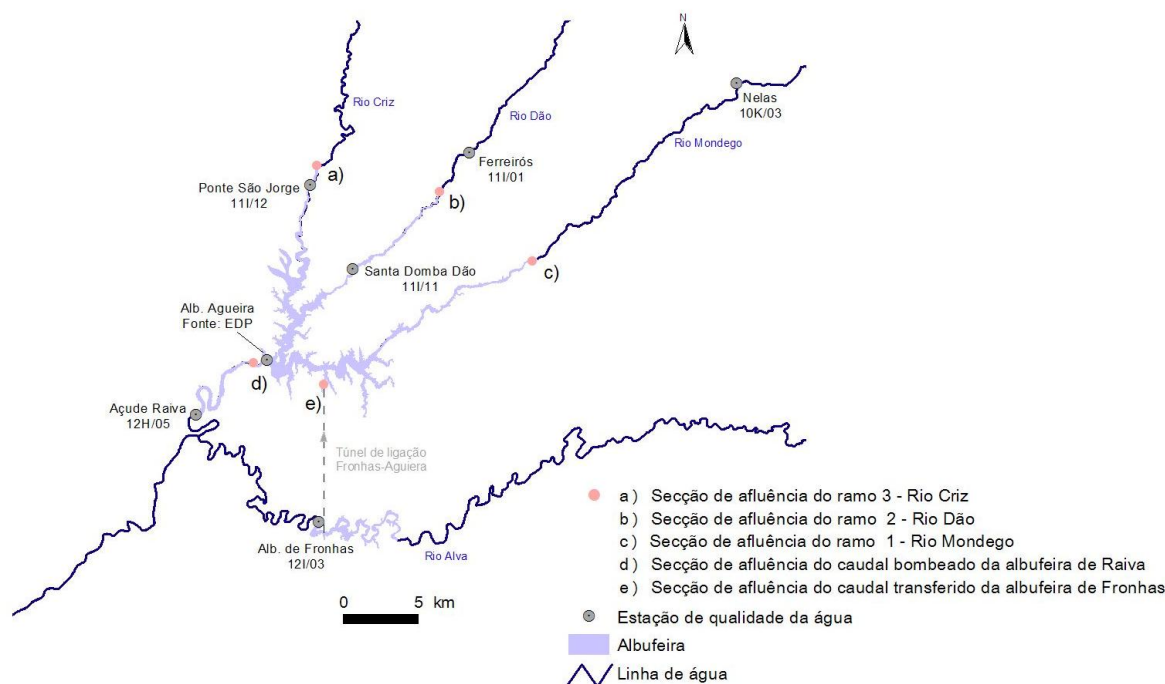


Figura 17. Localização das estações de qualidade da água

Quadro 3. Fonte de dados de qualidade da água para as diferentes secções de afluência consideradas

Parâmetro	a) (Rio Criz)	b) (Rio Dão)	c) (Rio Mondego)	d) (Alb. Agueira)	e) (Alb. Fronhas)
Oxigénio dissolvido	11/12	11/01	10k/03	Alb.Agueira (EDP)	Alb.Agueira (EDP)
CBO	11/12	11/01	10k/03	12H/05	12I/03
Temperatura	11/12	11/01	10k/03	Alb.Agueira (EDP)	Alb.Agueira (EDP)
P - PO4	11/11	11/01	10k/03	12H/05	12I/03
NH4	11/11	11/01	10k/03	12H/05	12I/03
N - NOX	11/11	11/01	10k/03	12H/05	12I/03
Biomassa algal	11/11	11/01	10k/03	12H/05	12I/03
SDT	11/12	11/01	10k/03	12H/05	12I/03
Coliformes totais	11/11	11/01	10k/03	12H/05	12I/03
Coliformes fecais	11/11	11/01	10k/03	12H/05	12I/03
Alcalinidade	Alb.Agueira (EDP)	Alb.Agueira (EDP)	Alb.Agueira (EDP)	Alb.Agueira (EDP)	Alb.Agueira (EDP)

6.4. Cargas poluentes geradas na área de intervenção do POAA

A área de intervenção do POAA, de acordo com o seu regulamento, engloba a superfície do plano de água da albufeira à cota do NPA, bem como a faixa terrestre de protecção à massa de água com uma largura de 500 m, medida em projecção horizontal a partir do limite do regolfo à cota do NPA.

A quantificação das cargas poluentes geradas na área de intervenção do POAA permitiu caracterizar a situação de referência, a partir da qual foram definidos e simulados os cenários que possibilitaram avaliar os efeitos das medidas de redução de carga poluente afluente à albufeira da Aguieira, preconizadas no regulamento do POAA e resultantes das medidas de gestão da qualidade da água definidas no PBH (Plano de Bacia Hidrográfica) do rio Mondego, que incluem cumprir o disposto pelo Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de Junho.

A quantificação da carga poluente associada aos diferentes cenários de simulação considerados distinguiu as fontes tóxicas ou pontuais e as difusas. Assim, ao nível das fontes pontuais, procedeu-se à quantificação da carga poluente de origem urbana, considerando os seguintes parâmetros: CBO₅, coliformes totais, coliformes fecais, NH₄, N-NO_x e P-PO₄. Por outro lado, no que se refere às fontes difusas, quantificaram-se as cargas poluentes de origem agrícola e florestal, tendo-se considerado os seguintes parâmetros: NH₄, N-NO_x e P-PO₄.

A carga poluente tóxica de origem urbana afluente à albufeira da Aguieira foi agrupada, segundo a sua origem, em seis categorias distintas:

- habitações isoladas localizadas na área de intervenção do POAA;
- lugares totalmente integrados na área de intervenção do POAA;
- lugares parcialmente integrados na área de intervenção do POAA;
- empreendimentos turísticos;
- sistemas de tratamento de águas residuais urbanas localizados na área de intervenção do POAA;
- sistemas de tratamento de águas residuais urbanas localizadas fora da área de intervenção do POAA, mas cujas descargas de águas residuais são efectuadas a jusante das estações de monitorização, consideradas para a caracterização da qualidade da água da albufeira da Aguieira.

Os valores de capitação considerados para a determinação de cargas poluentes geradas na área de intervenção do POAA, e as eficiências de tratamento admitidas para os sistemas de tratamento existentes, são apresentados nos quadros 4 e 5, respectivamente. Posteriormente, determinou-se o valor de concentração correspondente à carga poluente estimada, considerando o consumo de água do concelho de Penacova, que é de 98 L/hab.dia (Estudos de base – POAA, 2005).

Quadro 4. Capitações utilizadas na estimativa de carga poluente

Capitação	CBO	NH ₄	N - NO _x	P - PO ₄	Coliformes totais nº/ml	Coliformes fecais nº/ml	Consumo de água L/hab.dia
gr/hab.dia	60 *	4.1 *	1.0**	2.7*	10x10 ⁶ *	10x10 ⁵ *	98 ***

*Metcalf&Eddy (1991)

**EPA (2002)

*** Capitação para o concelho de Penacova, segundo o Estudo base do POAA.

Quadro 5. Eficiência de remoção percentual por tipo de tratamento de água

Tipo de tratamento	% CBO	% NH4	% N -NOX	% P - PO4	% Coliformes totais	% Coliformes Fecais
Fossa séptica	33 (a)	0 (a)	0 (a)	10 (a)	99 (e)	99 (e)
Fossa séptica com filtro de areia enterrado	95 (a)	93(a)	aumento de 25 vezes do valor inicial (a)	10 (a)	99 (e)	99 (e)
Tanque imhoff	40 (c)	0 (a)	0 (a)	10(a)	99 (e)	99 (e)
Fossa séptica+Lagoa de macrófitas	Lagoa de macrófitas 86 (b)	Lagoa de macrófitas 33 (b)	Lagoa de macrófitas 51 (b)	Lagoa de macrófitas 36 (b)	0 - 99 (a)	0 - 99 a)
Secundário	85-95(a)	10 (a)	efeito reduzido (a)	10 (a)	0 - 99(d)	0 - 99 (d)
Terciário	95 (a)	90 (a)	90 (a)	90 (a)	0 - 99 (d)	0 - 99 (d)
Etar compacta	85-95(a)	10 (a)	efeito reduzido (a)	10 (a)	0 - 99 (d)	0 - 99 (d)
Leito percolador	60-85 (a)	10 (a)	efeito reduzido (a)	8(a)	85 - 99 (d)	85 - 99 (d)

(a) Metacalf & Eddy (1991)

(b) Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique (2002)

(c) CEHI (2004)

(d) Crook, 1992

(e) Face à elevada variabilidade das percentagens de remoção teóricas, associadas a este tipo de tratamento em função do tempo de retenção, assumiu-se que uma remoção de 99% , seria adequada à análise realizada

A carga poluente de origem urbana gerada na área de intervenção do POAA foi introduzida no modelo de acordo com o tipo de descarga que usualmente lhe está associada, pontual ou difusa. O modelo CE-QUAL-W2 permite a introdução de descargas poluentes de duas formas distintas, através da introdução de tributários pontuais, ou de tributários distribuídos. Os primeiros representam uma descarga pontual, num segmento definido pelo utilizador, e os segundos uma descarga difusa, distribuída uniformemente pelo ramo considerado.

Nas secções seguintes é apresentada a metodologia utilizada para a quantificação e distribuição da carga poluente de origem urbana, agrícola e florestal.

6.1.1 Habitações isoladas localizadas na área de intervenção do POAA

O número e a localização de habitações isoladas localizadas na área de intervenção do POAA foi obtido através da observação de ortofotomapas da área de estudo cedidos pelo INAG. As habitações foram identificadas de acordo com a sua localização, na faixa de 150 m (Figura 18) e entre as faixas de 150 m e de 500 m (Figura 19), medidos em projecção horizontal a partir do NPA da albufeira. No entanto, deve referir-se que poderão existir erros de identificação das habitações, uma vez que o

grau de definição dos ortofotomapas não permite distinguir facilmente um edifício destinado à habitação de um outro qualquer edifício.

Segundo o relatório que inclui os estudos de base do POAA (Estudos de base – POA, 2005) a densidade populacional média da área de estudo é de 78 hab/km². Esta informação revelou-se insuficiente para a obtenção de uma estimativa do número de habitantes residentes nas habitações isoladas, na medida em que inclui não só estas como também aglomerados urbanos.

Assim, admitiu-se, conservativamente, que o número de habitantes por habitação isolada seria de três. De qualquer forma, potenciais erros associados a esta estimativa não serão susceptíveis de colocar em causa a análise posteriormente desenvolvida, face ao reduzido número de habitações isoladas localizadas na área de intervenção do POAA. De facto, o número de habitações isoladas identificado, e salvaguardando os potenciais erros atrás referidos, é de 97.

Após a estimativa do número de habitantes determinou-se a carga poluente, com origem nas habitações isoladas (Quadros 6 e 7), considerando as capitações que são apresentadas no Quadro 4.

Face ao desconhecimento da existência de sistemas de tratamento de águas residuais associados às habitações isoladas, admitiu-se, conservativamente, que não existe qualquer tipo de tratamento e que as referidas águas residuais afluem à massa de água num intervalo de tempo reduzido. Os valores de concentração foram incluídos no modelo CE-QUAL-W2, sob a forma de tributários distribuídos ao longo dos ramos considerados (Mondego e Dão), simulando assim a afluência de uma carga poluente difusa, e tendo em consideração a localização espacial das habitações isoladas, de acordo com o apresentado nas Figuras 18 e 19.

Quadro 6. Carga poluente gerada pelas habitações isoladas localizadas na faixa dos 150 m

Linha de água	Nº de habitantes	CBO kg/ano	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N - NO _x kg/ano	Coliformes totais nº/ano	Coliformes fecais nº/ano	Caudal (m ³ /s)
Dão	54	1183	54	81	20	1971x10 ¹⁰	197 x10 ¹⁰	0.000061
Mondego	54	1183	54	81	20	1971 x10 ¹⁰	197 x10 ¹⁰	0.000061

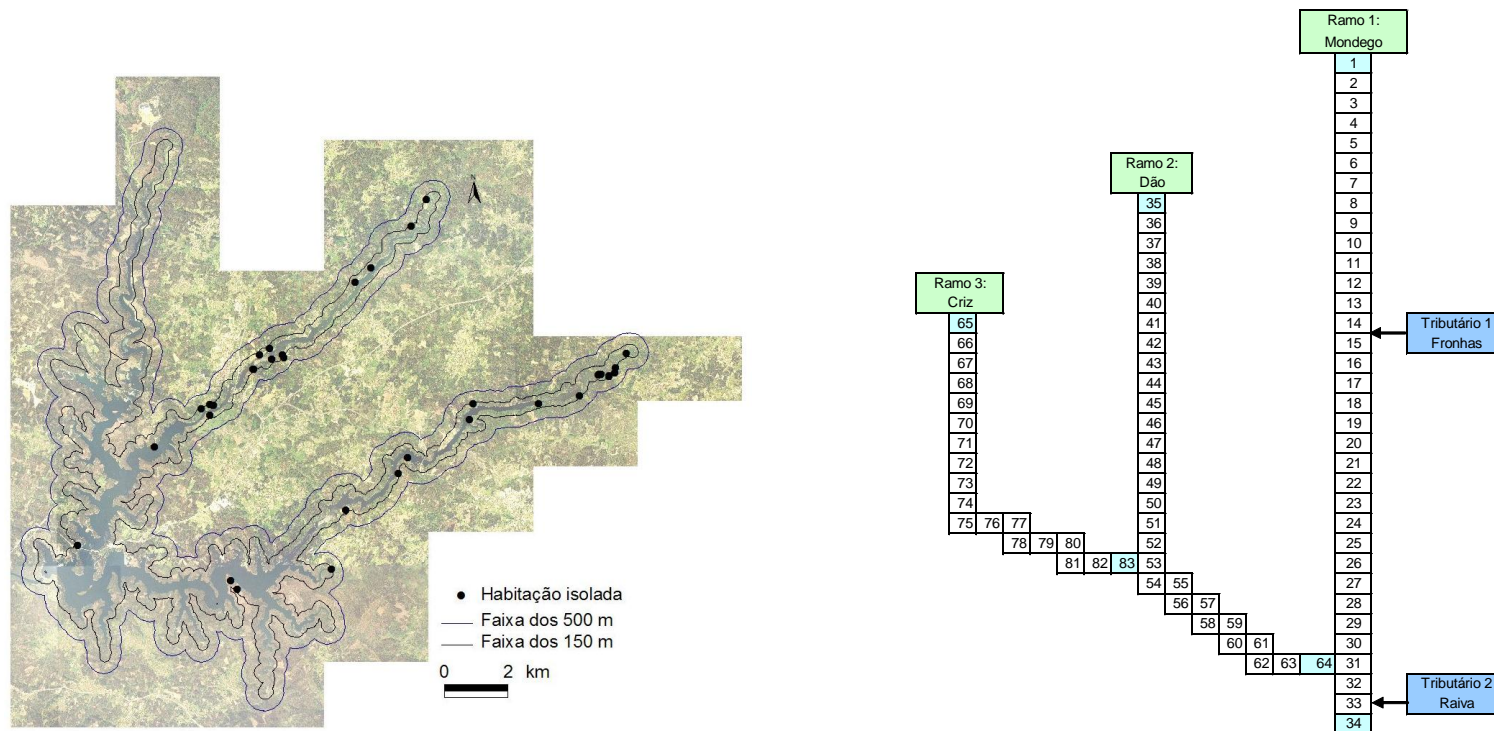


Figura 18. Distribuição espacial das habitações isoladas localizadas na faixa dos 150 m

Quadro 7. Carga poluente gerada pelas habitações isoladas localizadas entre as faixas de 150 e de 500 m

Linha de água	Nº de habitantes	CBO kg/ano	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N - NO _x kg/ano	Coliformes totais nº/ano	Coliformes fecais nº/ano	Caudal (m ³ /s)
Dão	6	131	6	9	2	219 x10 ¹⁰	22 x10 ¹⁰	0.000007
Mondego	27	591	27	40	10	986 x10 ¹⁰	99 x10 ¹⁰	0.000031

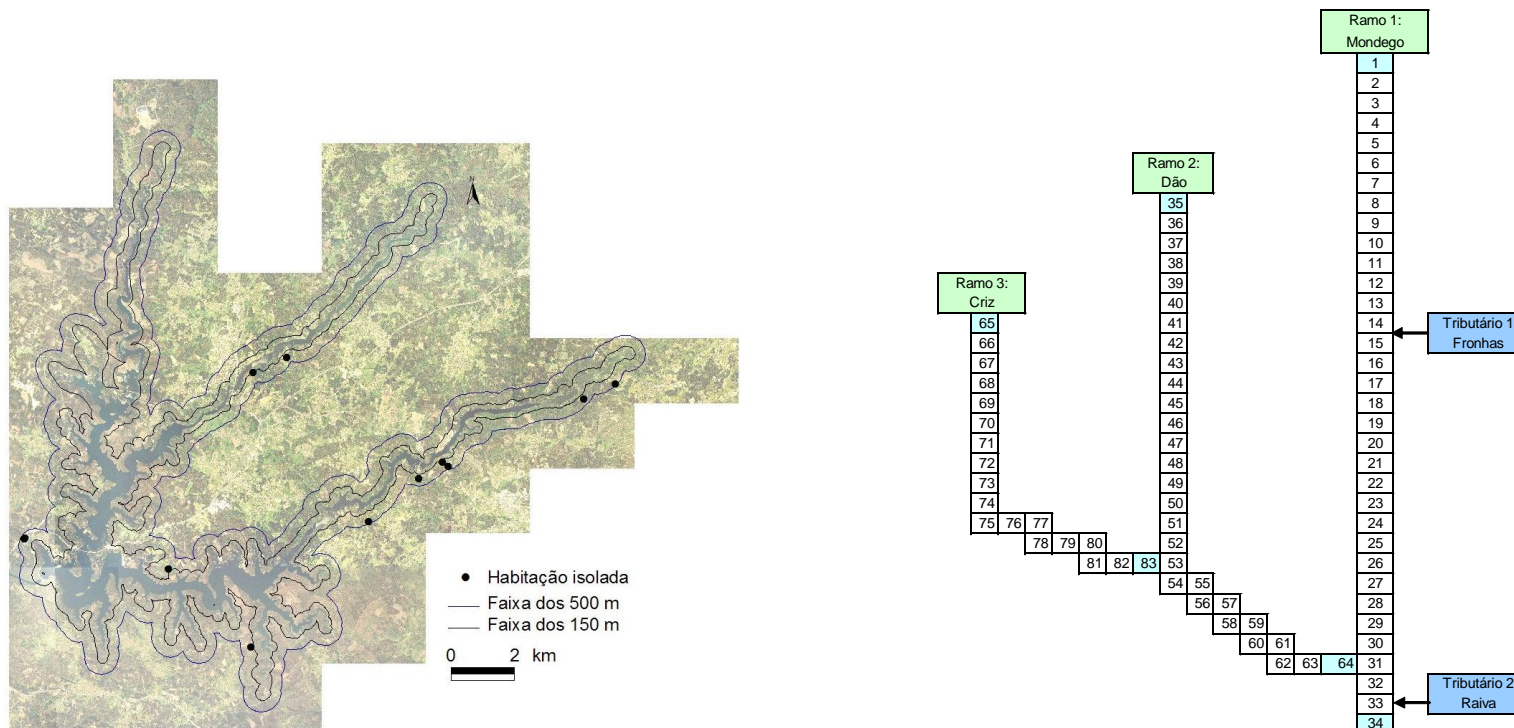


Figura 19. Distribuição espacial das habitações isoladas localizadas entre as faixas de 150 e de 500 m

6.1.2 Lugares totalmente e parcialmente integrados na área de intervenção do POAA

Estes lugares correspondem na sua maioria a pequenos aglomerados rurais, de baixa densidade populacional, com uma forte expressão da actividade agro-florestal. Correspondem, também e de uma forma geral, a áreas em perda dos seus efectivos populacionais, com uma elevada percentagem de população idosa e forte decréscimo da população jovem/activa (Estudos de base - POAA, 2005).

A localização, o número de habitantes (Figura 20) e o tipo de sistema de tratamento de águas residuais existente nos locais totalmente e parcialmente incluídos na área de intervenção, foram obtidos no relatório que inclui os estudos de base do POAA (Estudos de base - POAA, 2005).

Tendo em consideração o tipo de tratamento existente em cada um dos lugares (Quadro 8), determinou-se o número de habitantes cujas águas residuais não são tratadas ou sobre as quais não existe qualquer informação (ver última coluna do Quadro 8). Para estes casos, determinou-se a carga poluente gerada em função do número de habitantes e das capitações apresentadas no Quadro 4, e admitiu-se, conservativamente, que as águas residuais afluem ao rio Mondego sem qualquer tipo de tratamento.

Posteriormente, determinou-se o valor de concentração correspondente à carga poluente, considerando o consumo de água do concelho de Penacova, 98 L/hab.dia (Estudos de base – POAA, 2005).

Os caudais de águas residuais e os correspondentes valores de concentração foram incluídos no modelo como descargas pontuais, de acordo com a distribuição espacial apresentada nas figuras 21 e 22.

A restante carga poluente, gerada pelos habitantes cujas águas residuais são tratadas, foi avaliada na secção 6.4.4, que se refere aos sistemas de tratamento localizados na área de intervenção do POAA.

Quadro 8. Sistemas de tratamento que servem os lugares parcialmente e totalmente localizadas na área de intervenção do POAA

	Concelho	Lugar	nº de habitantes residentes	Tratamento	Evolução prevista no tipo de tratamento	nº de habitantes sem tratamento ou sem informação
Lugares parcialmente incluídos na área de intervenção	Tondela	-	-	-	-	-
	Carregal do Sal	-	-	-	-	-
	Mortágua	Almacinha	119	Tratamento realizado na ETAR de Almacinha que serve 250 hab.	-	0
		Rio Milheiro	79	sem informação	sem informação	79
		Vale de Paredes	88	sem informação	sem informação	88
		Coval	169	Tratamento realizado na ETAR de Almacinha que serve 300 hab.	-	0
	Santa Comba Dão	Chamadouro	89	sem tratamento	ETAR prevista	89
		Fontainhas	314	Tratamento realizado na ETAR de Almacinha que serve 200 hab.	-	114
		Santa Comba Dão	2457	Tratamento realizado na ETAR de Almacinha que serve 4000 hab.	-	0
		Oveiro	39	sem tratamento	ETAR prevista	0
		Vimeiro	272	Tratamento realizado na ETAR de Almacinha que serve 550 hab.	-	0
	Santa Comba Dão	Vale do Couço	-	sem tratamento	ETAR prevista	0
	Tábua	Ázere	327	Tratamento realizado em duas fossas sépticas, cada uma servindo 158 hab.	-	11
		Espanadal	-	Sem tratamento, drena para o rio Mondego	sem informação	0
		Travanca do Mondego	171	sem informação	Saneamento básico previsto	171
Penacova	Vale do Barco	62	sem informação	sem informação	62	
Lugares totalmente incluídos na área de intervenção	Tondela	Póvoa do Lobo	61	Sem tratamento	-	61
	Carregal do Sal	-	-	-	-	-
	Mortágua	-	-	-	-	-
		Granjal	106	-	-	106
	Santa Comba Dão	Póvoa de São João Dinis	19	-	-	19
	Tábua	-	-	-	-	-
	Penacova	-	-	-	-	-

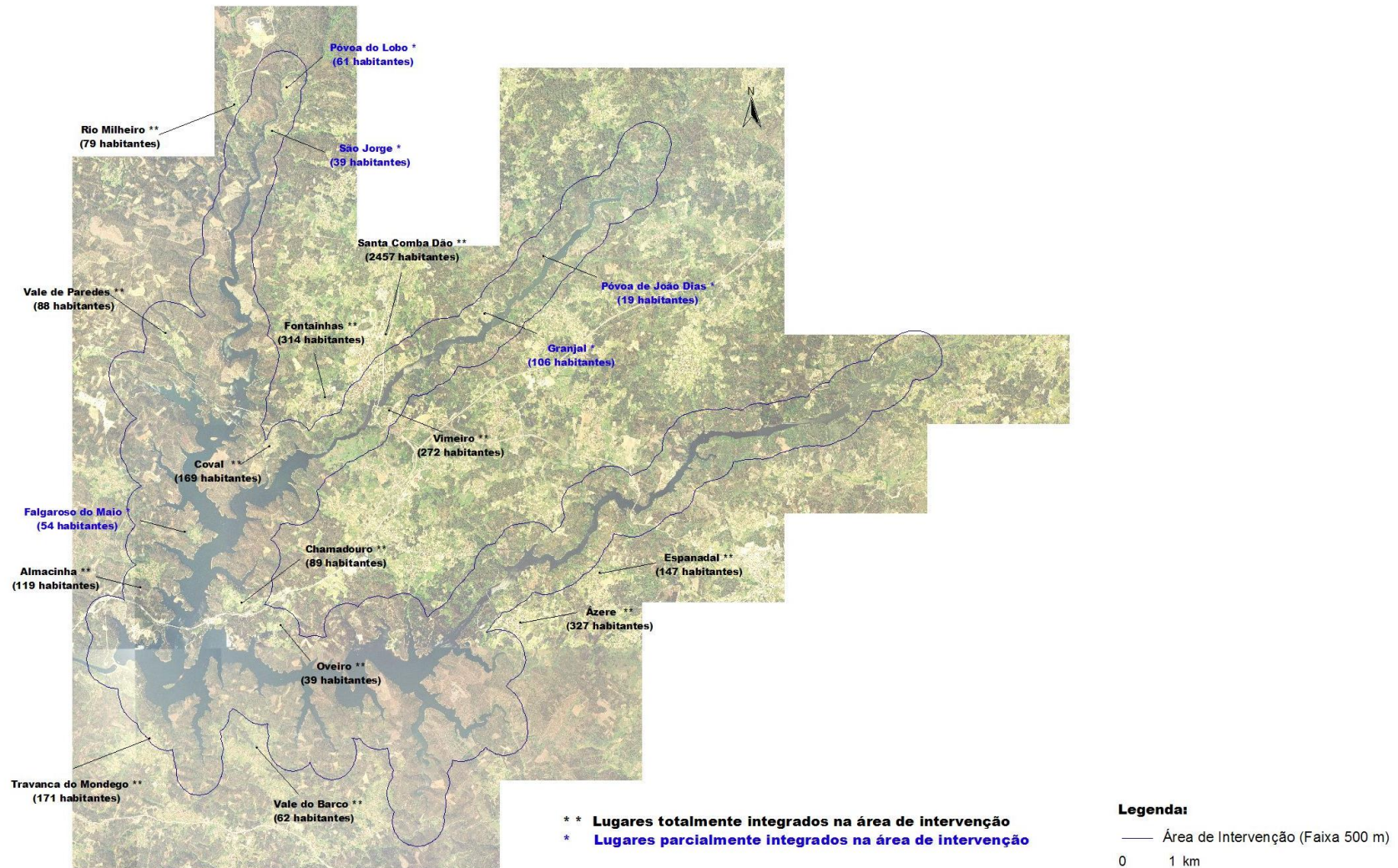


Figura 20. Número de habitantes residentes nos lugares totalmente e parcialmente incluídos na área de intervenção do POAA

Quadro 9. Carga poluente gerada pelos lugares parcialmente incluídos na área de intervenção

LUGAR	Nº de habitantes	CBO kg/ano	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N – NO _x kg/ano	Coliformes totais nº/ano	Coliformes fecais nº/ano	Caudal (m ³ /s)	Segmento
Chamadouro	89	1949	89	133	32	3249 x 10 ¹⁰	325 x 10 ¹⁰	0.000101	62
Espanadal	147	3219	146	219	54	5366 x 10 ¹⁰	537 x 10 ¹⁰	0.000167	6
Fontainhas	114	2497	113	170	42	4161 x 10 ¹⁰	416 x 10 ¹⁰	0.000129	58
Oveiro	39	854	39	58	14	1424 x 10 ¹⁰	142 x 10 ¹⁰	0.000044	30
Rio Milheiro	147	1730	79	118	29	2884 x 10 ¹⁰	288 x 10 ¹⁰	0.000090	66
Travanca do Mondego	171	3745	170	255	62	6242 x 10 ¹⁰	624 x 10 ¹⁰	0.000194	31
Vale de Paredes	88	1927	88	131	32	3212 x 10 ¹⁰	321 x 10 ¹⁰	0.000100	69
Vale do barco	171	1358	62	93	23	2263 x 10 ¹⁰	226 x 10 ¹⁰	0.000070	31

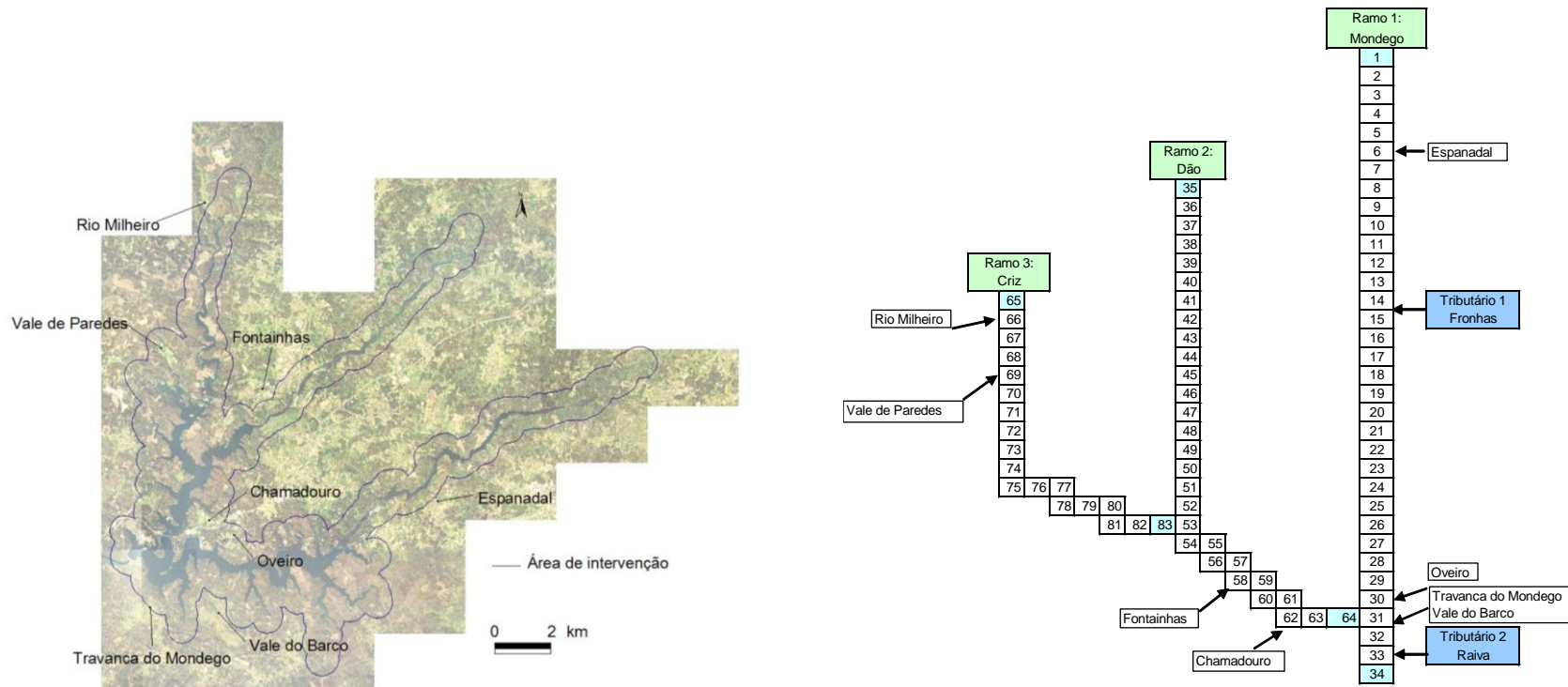


Figura 21. Distribuição espacial da carga poluente gerada pelos lugares parcialmente incluídos na área de intervenção

Quadro 10. Carga poluente gerada pelos lugares totalmente incluídos na área de intervenção

LUGAR	Nº de habitantes	CBO kg/ano	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N - NO _x kg/ano	Coliformes totais nº/ano	Coliformes fecais nº/ano	Caudal (m ³ /s)	Segmento
Falgaroso do Maio	23	512	23	35	9	854 x 10 ¹⁰	85 x 10 ¹⁰	0.0000265	53
Póvoa de João Dinis	19	416	19	28	7	694 x 10 ¹⁰	69 x 10 ¹⁰	0.0000216	38
Póvoa do Lobo	61	1336	61	91	22	2227 x 10 ¹⁰	223 x 10 ¹⁰	0.0000692	66
São Jorge	17	370	17	25	6	617 x 10 ¹⁰	62 x 10 ¹⁰	0.0000192	66

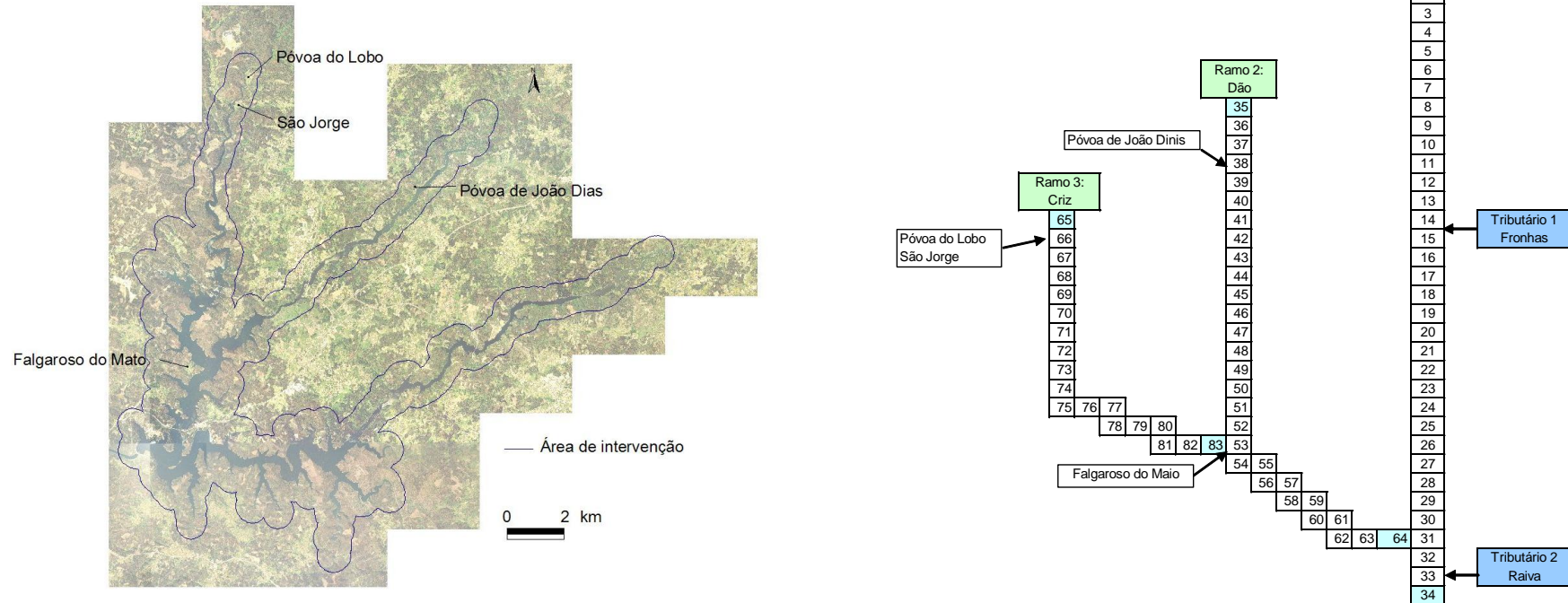


Figura 22. Distribuição espacial da carga poluente gerada pelos lugares totalmente incluídos na área de intervenção

6.1.3 Empreendimentos turísticos localizados na área de intervenção do POAA

Os empreendimentos turísticos localizados na área de intervenção do POAA podem ser divididos em 4 classes distintas:

- existentes e activos;
- existentes mas ainda sem actividade iniciada (à data da realização do presente estudo);
- os que estavam previstos pelo Plano Regional de Ordenamento do Território para a Zona Envolverte das Albufeiras da Aguieira, Coiço e Fronhas (PROZAG);
- previstos no POAA.

A distribuição espacial de todos os empreendimentos turísticos incluídos na área de intervenção do POAA, existentes e previstos, pode ser observada na Figura 23.

Actualmente, na área de intervenção do POAA existem dois empreendimentos turísticos activos, o Empreendimento da Quinta do rio Dão e o Empreendimento da Pedra da Sé (Estudos de base – POAA, 2005), pelo que foram os únicos considerados na caracterização da situação de referência.

Os dados relativos ao tipo de tratamento, ao número de quartos e à taxa de ocupação anual do Empreendimento da Quinta do rio Dão, foram indicados pelo proprietário, que referiu que o empreendimento possui 32 camas, uma taxa de ocupação anual de 54% a 55% e que o tratamento das águas residuais é realizado por quatro fossas sépticas (comunicação pessoal, PIETER GRUPPELAAR, 2006).

Relativamente ao empreendimento da Pedra da Sé, a única informação disponível é a que consta do relatório que inclui os estudos de base do POAA (Estudos de base – POA, 2005), que refere que o empreendimento é constituído por 12 casas isoladas, perfazendo um total de 48 camas. A estimativa da carga poluente gerada por este empreendimento foi realizada considerando que o tratamento das águas residuais é realizado através de fossas sépticas e que a taxa de ocupação anual é de 55%.

Segundo o regulamento do POAA, “nas zonas de desenvolvimento turístico e nos espaços com vocação urbanizável, é obrigatória a construção de sistemas de recolha e tratamento de águas residuais, com tratamento tipo terciário, ou, em alternativa, a construção de fossas estanques”. Assim, na análise relativa ao impacte dos empreendimentos previstos no PROZAG e no POAA, admitiu-se que as suas águas residuais seriam sujeitas a tratamento terciário e que, posteriormente, afluiriam à albufeira da Aguieira.

No Quadro 11, podem observar-se os valores de carga poluente, determinados a partir do número de camas existentes nos empreendimentos turísticos e das capitações apresentadas no Quadro 4. Posteriormente, determinaram-se os valores de carga poluente gerados após o tratamento das águas residuais, considerando as eficiências de tratamento apresentadas no Quadro 12, valores esses que foram incluídos no modelo (Quadro 13).

Quadro 11. Carga poluente gerada pelos empreendimentos turísticos

	Emp. Turístico	Nº de dormidas diárias	CBO kg/ano	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N – NO _x kg/ano	Coliformes totais nº/ano	Coliformes fecais nº/ano	Caudal (m ³ /s)	Segmento
Empreendimentos já existentes	Pedra da Sé	26**	578	26	39	10	964	96	0.00003	6
	Quinta do rio Dão	18**	385	18	26	6	642	64	0.00002	40
Zonas de desenvolvimento turístico - PROZAG (na zona do POAA)	Almacinha *	-	-	-	-	-	-	-	-	58
	Barragem da Aguieira	3380	74022	3365	5047	1234	123370	12337	0.00383	32
	Chamadouro	1935	42377	1926	2889	706	70628	7063	0.00219	29
	Crafuncho	5270	115413	5246	7869	1924	192355	19236	0.00598	32
	Falgaroso do Maio	3300	72270	3285	4928	1205	120450	12045	0.00374	55
	S. Vicente	8815	193049	8775	13162	3217	321748	32175	0.01000	81
	Sr ^a da Ribeira	4705	103040	4684	7025	1717	171733	17173	0.00534	12
Zonas de desenvolvimento turístico - POAA	Almacinha	200	4380	199	299	73	7300	730	0.00023	58
	Azere	200	4380	199	299	73	7300	730	0.00023	13
	Chamadouro	150	3285	149	224	55	5475	548	0.00017	29
	Covelo	150	3285	149	224	55	5475	548	0.00017	13
	Falgaroso do Maio	250	5475	249	373	91	9125	913	0.00028	55
	Granjal	200	4380	199	299	73	7300	730	0.00023	40
	S. Vicente	200	4380	199	299	73	7300	730	0.00023	40
	Sr ^a da Ribeira	400	8760	398	597	146	14600	1460	0.00045	81
	T. do Mondego	200	4380	199	299	73	7300	730	0.00023	12
POAA - Expansão de empreendimentos já existentes	Pedra da Sé	30	657	30	45	11	1095	110	0.00003	29
	Quinta do rio Dão	20	438	20	30	7	730	73	0.00002	6

Nota (*) – está previsto alojamento turístico e segunda habitação (sem zonamento)

Nota (**) – valor obtido considerando uma taxa de ocupação anual de 55%

Quadro 12. Eficiência de remoção dos sistemas de tratamento dos empreendimentos turísticos

Tipo de tratamento	Eficiência de remoção CBO (%)	Eficiência de remoção P – PO ₄ (%)	Eficiência de remoção NH ₄ (%)	Eficiência de remoção N – NO _x (%)	Eficiência de remoção Coliformes totais (%)	Eficiência de remoção Coliformes fecais (%)
Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Terciário	95	90	90	90	99	99

Quadro 13. Carga poluente gerada pelos empreendimentos turísticos após tratamento

	Emp. Turístico	Nº de habitantes	CBO kg/ano	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N – NO _x kg/ano	Coliformes totais nº/ano	Coliformes fecais nº/ano	Caudal (m ³ /s)	Segmento
Empreendimentos já existentes	Pedra da Sé	26	1584	26	39	10	2640 x 10 ⁷	264 x 10 ⁷	0.00003	6
	Quinta do rio Dão	18	1056	18	26	6	1760 x 10 ⁷	176 x 10 ⁷	0.00002	40
Zonas de desenvolvimento turístico - PROZAG (na zona do POAA)	Almacinha *	-	-	-	-	-	-	-	-	58
	Barragem da Agueira	3380	3701	336	505	123	1234 x 10 ¹⁰	123 x 10 ¹⁰	0.00383	32
	Chamadouro	1935	2119	193	289	71	706 x 10 ¹⁰	71 x 10 ¹⁰	0.00219	29
	Crafuncho	5270	5771	525	787	192	1924 x 10 ¹⁰	192 x 10 ¹⁰	0.00598	32
	Falgaroso do Maio	3300	3614	329	493	120	1205 x 10 ¹⁰	120 x 10 ¹⁰	0.00374	55
	S. Vicente	8815	9652	877	1316	322	3217 x 10 ¹⁰	322 x 10 ¹⁰	0.01000	81
	Sr ^a da Ribeira	4705	5152	468	703	172	1717 x 10 ¹⁰	172 x 10 ¹⁰	0.00534	12
Zonas de desenvolvimento turístico - POAA	Almacinha	200	219	20	30	7	73 x 10 ¹⁰	7 x 10 ¹⁰	0.00023	58
	Barragem da Agueira	785	860	78	117	29	287 x 10 ¹⁰	29 x 10 ¹⁰	0.00089	32
	Ázere	200	219	20	30	7	73 x 10 ¹⁰	7 x 10 ¹⁰	0.00023	13
	Chamadouro	150	164	15	22	5	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.00017	29
	Crafuncho	1373	1503	137	205	50	501 x 10 ¹⁰	50 x 10 ¹⁰	0.00156	32
	Covelo	150	164	15	22	5	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.00017	13
	Falgaroso do Maio	250	274	25	37	9	91 x 10 ¹⁰	9 x 10 ¹⁰	0.00028	55
	Granjal	200	219	20	30	7	73 x 10 ¹⁰	7 x 10 ¹⁰	0.00023	40
	S. Vicente	200	219	20	30	7	73 x 10 ¹⁰	7 x 10 ¹⁰	0.00023	29
	Sr ^a da Ribeira	400	438	40	60	15	146 x 10 ¹⁰	15 x 10 ¹⁰	0.00045	6
T. do Mondego	200	219	20	30	7	73 x 10 ¹⁰	7 x 10 ¹⁰	0.00023	40	
POAA - Expansão de empreendimentos já existentes	Pedra da Sé	30	33	3	4	1	11 x 10 ¹⁰	1 x 10 ¹⁰	0.00003	81
	Quinta do rio Dão	20	22	2	3	1	7 x 10 ¹⁰	1 x 10 ¹⁰	0.00002	12

Nota (*) – está previsto alojamento turístico e segunda habitação (sem zonamento)

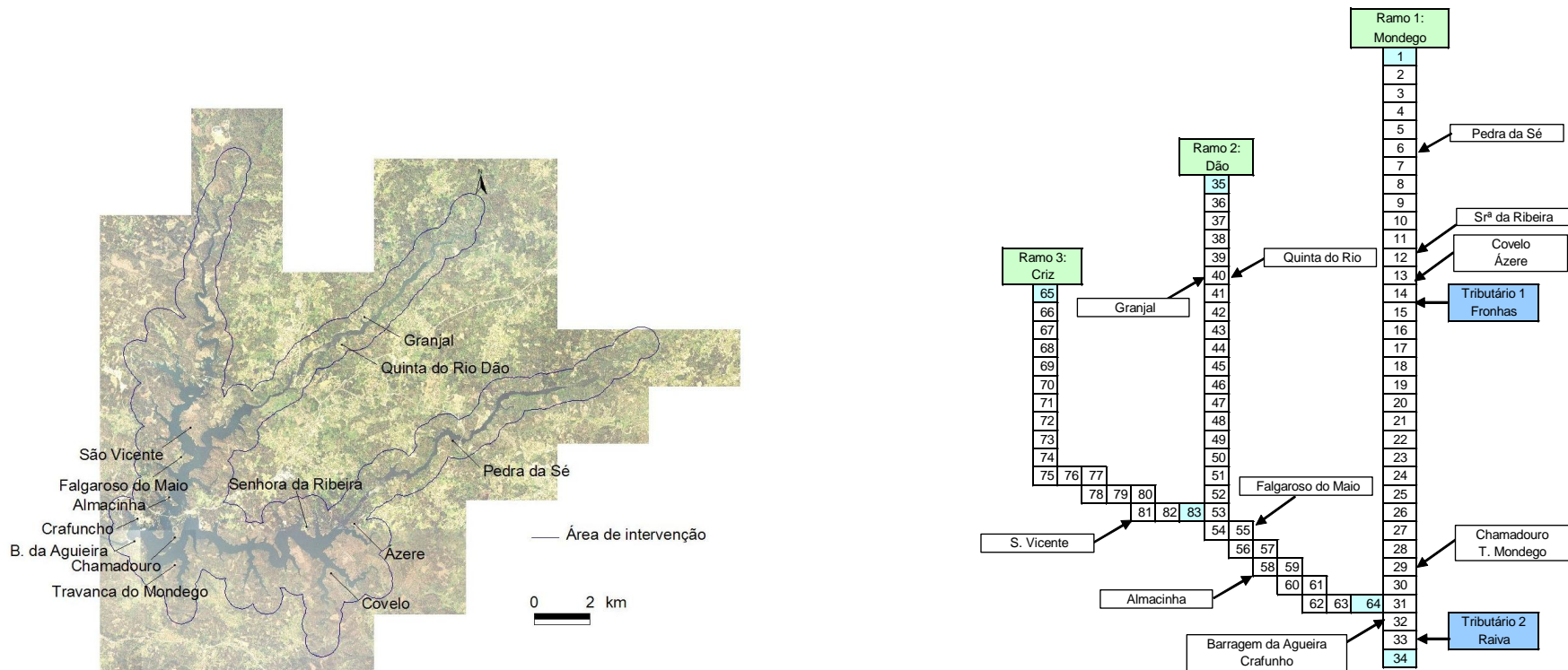


Figura 23. Distribuição espacial da carga poluente gerada pelos empreendimentos. turísticos

6.1.4 Sistemas de tratamento de águas residuais urbanas localizados na área de intervenção do POAA

A localização, o número de habitantes servidos e o tipo de tratamento de cada um dos sistemas localizados na área de intervenção do POAA, foi obtido no relatório que inclui os estudos de base do POAA (Estudos de base – POAA, 2005).

O desconhecimento das eficiências de tratamento associadas a cada um dos sistemas foi ultrapassado admitindo as eficiências de remoção apresentadas no Quadro 14, que se basearam nas eficiências de remoção teóricas apresentadas anteriormente no Quadro 5.

Quadro 14. Eficiência de remoção percentual por tipo de tratamento

Tipo de tratamento	% CBO	% NH4	% N - NOX	% P - PO4	% Coliformes totais	% Coliformes Fecais
Fossa séptica	33	0	0	10	99	99
Fossa séptica com filtro de areia enterrado	95	93	Aumento de 25 vezes do valor inicial	10	99	99
Fossa séptica + Poço absorvente	33	0	0	10	99	99
Fossa séptica + Leito percolador	95	10	1	8	99	99
Fossa séptica+Lagoa de macrófitas	95	33	51	36	99	99
Secundário	95	10	1	10	99	99
Tanque de arejamento + decantador secundário	95	10	1	10	99	99
Tanque imhoff + Leito percolador + decantador secundário	95	10	1	8	99	99
Tanque imhoff	40	0	0	10	99	99
Etar compacta	95	10	1	10	99	99

Assim considerando as capitações de carga poluente (Quadro 4) e o número de habitantes servidos por sistemas de tratamento (Quadro 15), determinou-se a carga poluente afluente a esses sistemas de acordo com o apresentado, também, no Quadro 15.

Com base nos valores de eficiência de tratamento por tipologia, apresentados no Quadro 14, foi calculada a eficiência de tratamento por lugar, tendo-se obtido os valores apresentados no Quadro 16. Esses valores permitiram calcular os quantitativos de carga poluente, provenientes dos sistemas

de tratamento de águas residuais urbanos localizados na área de intervenção do POAA, afluentes à albufeira da Aguieira, que são apresentados no Quadro 17.

Com base nos valores de carga poluente e nos valores de caudais das águas residuais, apresentados no Quadro 17, foi possível calcular os correspondentes valores de concentração e proceder à sua alocação espacial ao nível do modelo, de acordo com a distribuição apresentada na Figura 24.

Quadro 15. Carga poluente afluente aos sistemas de tratamento localizados na área de intervenção do POAA

Sistema de tratamento	Nº de identificação	População servida	CBO kg/ano	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N – NO _x kg/ano	Coliformes totais nº/ano	Coliformes fecais nº/ano	Caudal (m ³ /s)	Segmento
Almacinha	7	250	5475	249	373	91	91 x 10 ¹²	9 x 10 ¹²	0.0002836	60
Ázere I	12	158	3460	157	236	58	58 x 10 ¹²	6 x 10 ¹²	0.0001792	9
Ázere II	13	158	3460	157	236	58	58 x 10 ¹²	6 x 10 ¹²	0.0001792	9
Cagido II	6	200	4380	199	299	73	73 x 10 ¹²	7 x 10 ¹²	0.0002269	50
Castelejo	1	350	7665	348	523	128	128 x 10 ¹²	13 x 10 ¹²	0.000397	39
Coval	5	300	6570	299	448	110	110 x 10 ¹²	11 x 10 ¹²	0.0003403	50
Fontainhas	4	200	4380	199	299	73	73 x 10 ¹²	7 x 10 ¹²	0.0002269	48
Granjal	2	200	4380	199	299	73	73 x 10 ¹²	7 x 10 ¹²	0.0002269	39
Pinheiro I	11	150	3285	149	224	55	55 x 10 ¹²	5 x 10 ¹²	0.0001701	11
Póvoa dos Mosqueiros	10	500	10950	498	747	183	183 x 10 ¹²	18 x 10 ¹²	0.0005671	8
Santa Comba Dão	3	4000	87600	3982	5973	1460	1460 x 10 ¹²	146 x 10 ¹²	0.004537	45
São João de Areias	9	150	3285	149	224	55	55 x 10 ¹²	5 x 10 ¹²	0.0001701	6
Senhora da Ribeira	14	50	1095	50	75	18	18 x 10 ¹²	2 x 10 ¹²	0.000057	11

Quadro 16. Eficiência de remoção por sistema de tratamento localizada na área de intervenção do POAA

LUGAR	Nº de identificação	Tipo de tratamento	Eficiência de remoção CBO (%)	Eficiência de remoção P – PO ₄ (%)	Eficiência de remoção NH ₄ (%)	Eficiência de remoção N – NO _x (%)	Eficiência de remoção Coliformes totais (%)	Eficiência de remoção Coliformes fecais (%)
Almacinha	7	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Ázere I	11	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Ázere II	12	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Cagido II	6	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Castelejo	1	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Coval	5	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Fontainhas	4	Fossa séptica + leito percolador	95	8	10	1	99	99
Granjal	2	Etar compacta	95	10	10	1	99	99
Pinheiro I	10	Fossa séptica + poço absorvente	33	10	0	0	99	99
Póvoa dos Mosqueiros	9	Fossa séptica + leito percolador	95	8	10	1	99	99

LUGAR	Nº de identificação	Tipo de tratamento	Eficiência de remoção CBO (%)	Eficiência de remoção P - PO ₄ (%)	Eficiência de remoção NH ₄ (%)	Eficiência de remoção N - NO _x (%)	Eficiência de remoção Coliformes totais (%)	Eficiência de remoção Coliformes fecais (%)
Santa Comba Dão	3	Tanque Imhoff + leito percolador + decantador sec.	95	8	10	1	99	99
São João de Areias	8	Fossa séptica + poço absorvente	33	10	0	0	99	99
Senhora da Ribeira	13	Etar compacta	95	10	10	1	99	99

Quadro 17. Carga poluente gerada pelos sistemas de tratamento de águas residuais urbanas localizados na área de intervenção do POAA

Sistema de tratamento	Nº de identificação	População servida	CBO kg/ano	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N - NO _x kg/ano	Coliformes totais nº/ano	Coliformes fecais nº/ano	Caudal (m ³ /s)	Segmento
Almacinha	7	250	274	159	250	45	91 x 10 ¹⁰	9 x 10 ¹⁰	0.0002836	60
Ázere I	11	158	2318	157	236	58	58 x 10 ¹⁰	6 x 10 ¹⁰	0.0001792	9
Ázere II	12	158	2318	157	236	58	58 x 10 ¹⁰	6 x 10 ¹⁰	0.0001792	9
Cagido II	6	200	219	127	200	36	73 x 10 ¹⁰	7 x 10 ¹⁰	0.0002269	50
Castelejo	1	350	383	223	350	63	128 x 10 ¹⁰	13 x 10 ¹⁰	0.000397	39
Coval	5	300	329	191	300	54	110 x 10 ¹⁰	11 x 10 ¹⁰	0.0003403	50
Fontainhas	4	200	219	183	269	72	73 x 10 ¹⁰	7 x 10 ¹⁰	0.0002269	48
Granjal	2	200	219	179	269	72	73 x 10 ¹⁰	7 x 10 ¹⁰	0.0002269	39
Pinheiro I	10	150	2201	149	224	55	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.0001701	11
Póvoa dos Mosqueiros	9	500	548	458	672	181	183 x 10 ¹⁰	18 x 10 ¹⁰	0.0005671	8
Santa Comba Dão	3	4000	4380	3663	5375	1445	1460 x 10 ¹⁰	146 x 10 ¹⁰	0.004537	45
São João de Areias	8	150	2201	149	224	55	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.0001701	6
Senhora da Ribeira	13	50	55	45	67	18	18 x 10 ¹⁰	2 x 10 ¹⁰	0.000057	11

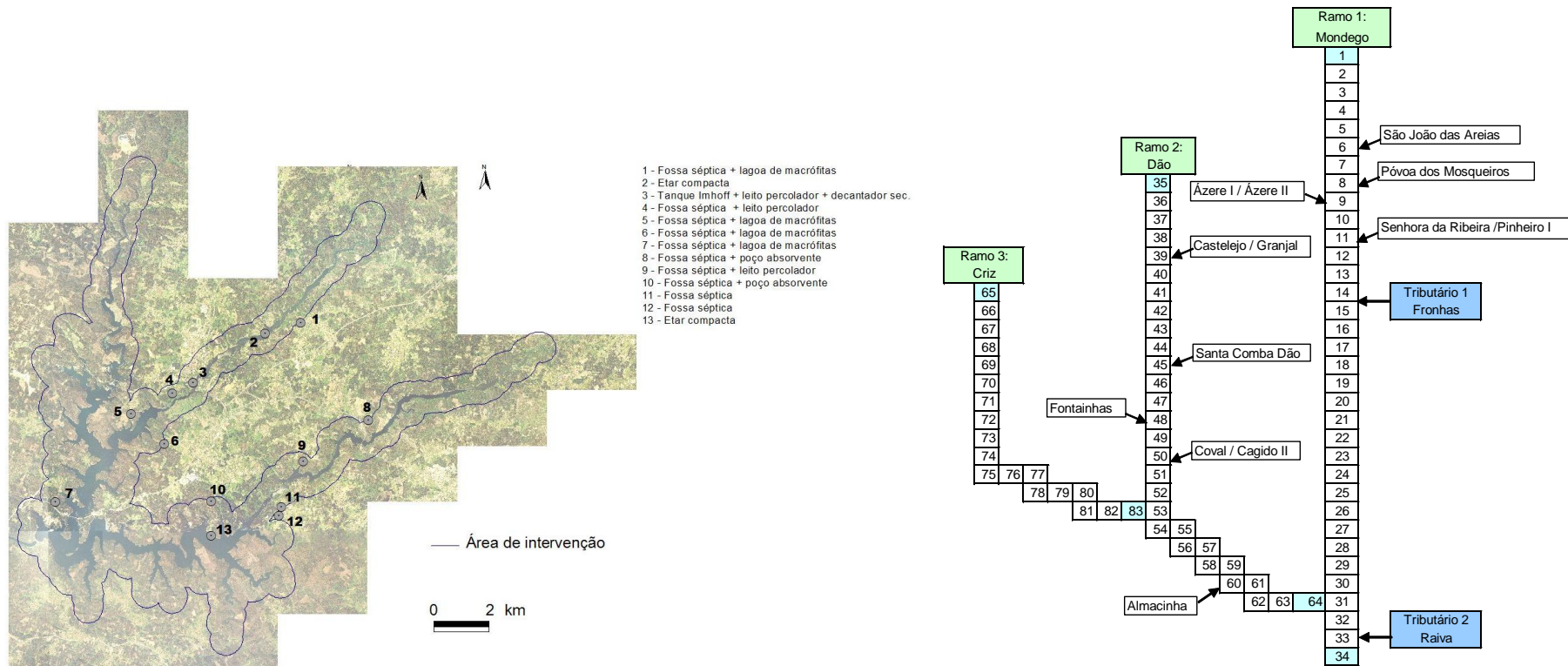


Figura 24. Distribuição espacial da carga poluente gerada pelos sistemas de tratamento localizados na área de intervenção do POAA

6.1.5 Sistemas de tratamento cujas descargas de águas residuais são efectuadas a jusante das estações de monitorização da qualidade da água, consideradas para a caracterização das afluências à albufeira da Aguieira, excluindo os localizados na área de intervenção do POAA

Após a identificação dos sistemas de tratamento em análise, procedeu-se à quantificação da carga poluente afluente aos mesmos (Quadro 18). A metodologia utilizada foi análoga à considerada para os sistemas de tratamento localizados na área de intervenção do POAA, descrita anteriormente na secção 6.4.4.

Posteriormente, considerando as eficiências de tratamento que se podem observar no Quadro 19, determinou-se a carga poluente remanescente após tratamento (Quadro 20).

A carga poluente afluente à albufeira da Aguieira, sob a forma de caudais de águas residuais e correspondente concentração, foi introduzida no modelo de acordo com a distribuição espacial apresentada na Figura 25.

Assim, através da metodologia adoptada, foi possível avaliar a contribuição relativa em termos de carga poluente de todos os sistemas de tratamento, cujas descargas de águas residuais são efectuadas na albufeira da Aguieira, possibilitando avaliar o seu efeito, de forma individualizada, na qualidade dessa massa de água.

Quadro 18. Carga poluente afluente aos sistemas de tratamento localizados na área adjacente à área de intervenção do POAA

Sistema de tratamento	Nº de identificação	População servida	CBO kg/ano	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N - NO _x kg/ano	Coliformes totais nº/ano	Coliformes fecais nº/ano	Caudal (m ³ /s)	Segmento
Albergaria	24	85	5100	232	348	85	85 x 10 ¹⁰	9 x 10 ¹⁰	0.0000964	2
Alvarelos	18	500	30000	1364	2045	500	500 x 10 ¹⁰	50 x 10 ¹⁰	0.0005671	36
Azenha	25	200	12000	545	818	200	200 x 10 ¹⁰	20 x 10 ¹⁰	0.0002269	2
Cagido 1	41	300	18000	818	1227	300	300 x 10 ¹⁰	30 x 10 ¹⁰	0.0003403	56
Cancela	35	350	21000	955	1432	350	350 x 10 ¹⁰	35 x 10 ¹⁰	0.000397	41
Candosa 1	50	267	16020	728	1092	267	267 x 10 ¹⁰	27 x 10 ¹⁰	0.0003028	4
Candosa 2	49	268	16080	731	1096	268	268 x 10 ¹⁰	27 x 10 ¹⁰	0.000304	4
Casal Bom	5	100	6000	273	409	100	100 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.0001134	45
Casal da torre	27	327	19620	892	1338	327	327 x 10 ¹⁰	33 x 10 ¹⁰	0.0003709	3
Casal Maria	8	150	9000	409	614	150	150 x 10 ¹⁰	15 x 10 ¹⁰	0.0001701	45
Espinho	1	150	9000	409	614	150	150 x 10 ¹⁰	15 x 10 ¹⁰	0.0001701	66
Fiais da Telha - Bacia I	22	716	42960	1953	2929	716	716 x 10 ¹⁰	72 x 10 ¹⁰	0.0008121	2
Fiais da Telha - Bacia II	20	150	9000	409	614	150	150 x 10 ¹⁰	15 x 10 ¹⁰	0.0001701	2
Fundo da Vila	4	100	6000	273	409	100	100 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.0001134	45
Gestosa 1	13	250	15000	682	1023	250	250 x 10 ¹⁰	25 x 10 ¹⁰	0.0002836	41
Gestosa 2	12	150	9000	409	614	150	150 x 10 ¹⁰	15 x 10 ¹⁰	0.0001701	41
Laceiras	21	278	16680	758	1137	278	278 x 10 ¹⁰	28 x 10 ¹⁰	0.0003153	36
Lamieira 2	42	150	9000	409	614	150	150 x 10 ¹⁰	15 x 10 ¹⁰	0.0001701	7
Lamieiras 1	40	300	18000	818	1227	300	300 x 10 ¹⁰	30 x 10 ¹⁰	0.0003403	7
Midões 1	52	142	8520	387	581	142	142 x 10 ¹⁰	14 x 10 ¹⁰	0.0001611	4
Midões 2	53	142	8520	387	581	142	142 x 10 ¹⁰	14 x 10 ¹⁰	0.0001611	4
Midões 3	51	142	8520	387	581	142	142 x 10 ¹⁰	14 x 10 ¹⁰	0.0001611	4
Midões 4	54	142	8520	387	581	142	142 x 10 ¹⁰	14 x 10 ¹⁰	0.0001611	4
Nagosela	15	700	42000	1909	2864	700	700 x 10 ¹⁰	70 x 10 ¹⁰	0.000794	36
Oliveirinha - Bacia I	19	493	29580	1345	2017	493	493 x 10 ¹⁰	49 x 10 ¹⁰	0.0005592	36
Papizios	28	848	50880	2313	3469	848	848 x 10 ¹⁰	85 x 10 ¹⁰	0.0009619	38
Parada - Bacia I	31	300	18000	818	1227	300	300 x 10 ¹⁰	30 x 10 ¹⁰	0.0003403	4
Parada - Bacia II	30	200	12000	545	818	200	200 x 10 ¹⁰	20 x 10 ¹⁰	0.0002269	4
Pedraires	7	100	6000	273	409	100	100 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.0001134	45
Pinheirinho 1	38	150	9000	409	614	150	150 x 10 ¹⁰	15 x 10 ¹⁰	0.0001701	7
Pinheirinho 2	39	100	6000	273	409	100	100 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.0001134	7

Sistema de tratamento	Nº de identificação	População servida	CBO kg/ano	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N - NO _x kg/ano	Coliformes totais nº/ano	Coliformes fecais nº/ano	Caudal (m ³ /s)	Segmento
Pinheiro	23	261	15660	712	1068	261	261 x 10 ¹⁰	26 x 10 ¹⁰	0.000296	36
Pinheiro 2	43	100	6000	273	409	100	100 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.0001134	9
Póvoa das Forçadas	29	160	9600	436	655	160	160 x 10 ¹⁰	16 x 10 ¹⁰	0.0001815	3
Pregoiinho	11	150	9000	409	614	150	150 x 10 ¹⁰	15 x 10 ¹⁰	0.0001701	45
Real	2	100	6000	273	409	100	100 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.0001134	66
Rojão Grande	36	550	33000	1500	2250	550	550 x 10 ¹⁰	55 x 10 ¹⁰	0.0006238	7
Rojão Pequeno	37	150	9000	409	614	150	150 x 10 ¹⁰	15 x 10 ¹⁰	0.0001701	7
São Joanhinho	3	150	9000	409	614	150	150 x 10 ¹⁰	15 x 10 ¹⁰	0.0001701	45
São João da Boavista	48	192	11520	524	785	192	192 x 10 ¹⁰	19 x 10 ¹⁰	0.0002178	9
São Miguel	34	250	15000	682	1023	250	250 x 10 ¹⁰	25 x 10 ¹⁰	0.0002836	41
Silvares - Guarita	32	200	12000	545	818	200	200 x 10 ¹⁰	20 x 10 ¹⁰	0.0002269	39
Sobral	16	338	20280	922	1383	338	338 x 10 ¹⁰	34 x 10 ¹⁰	0.0003834	36
Tábua 1	45	268	16080	731	1096	268	268 x 10 ¹⁰	27 x 10 ¹⁰	0.000304	6
Tábua 2	44	268	16080	731	1096	268	268 x 10 ¹⁰	27 x 10 ¹⁰	0.000304	6
Tábua 3	46	268	16080	731	1096	268	268 x 10 ¹⁰	27 x 10 ¹⁰	0.000304	6
Tábua 4	47	268	16080	731	1096	268	268 x 10 ¹⁰	27 x 10 ¹⁰	0.000304	6
Travanca	17	2500	150000	6818	10227	2500	2500 x 10 ¹⁰	250 x 10 ¹⁰	0.0028356	36
Treixedo	14	1300	78000	3545	5318	1300	1300 x 10 ¹⁰	130 x 10 ¹⁰	0.0014745	38
Vila de Barba 1	10	250	15000	682	1023	250	250 x 10 ¹⁰	25 x 10 ¹⁰	0.0002836	45
Vila de Barba 2	9	150	9000	409	614	150	150 x 10 ¹⁰	15 x 10 ¹⁰	0.0001701	45
Vila Dianteira	33	250	15000	682	1023	250	250 x 10 ¹⁰	25 x 10 ¹⁰	0.0002836	6
Vila Meã	26	470	28200	1282	1923	470	470 x 10 ¹⁰	47 x 10 ¹⁰	0.0005331	2
Vila Pouca	6	300	18000	818	1227	300	300 x 10 ¹⁰	30 x 10 ¹⁰	0.0003403	45

Quadro 19. Eficiência de remoção por estação de tratamento localizada na área adjacente à área de intervenção do POAA

LUGAR	Nº de identificação	Tipo de tratamento	Eficiência de remoção CBO (%)	Eficiência de remoção P – PO ₄ (%)	Eficiência de remoção NH ₄ (%)	Eficiência de remoção N – NO _x (%)	Eficiência de remoção Coliformes totais (%)	Eficiência de remoção Coliformes fecais (%)
Albergaria	24	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Alvarelhos	18	Fossa séptica + poço absorvente	33	10	0	0	99	99
Azenha	25	Secundário	95	10	10	1	99	99
Çagido 1	41	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Cancela	35	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Candosa 1	50	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Candosa 2	49	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Casal Bom	5	Fossa séptica + poço absorvente	33	10	0	0	99	99
Casal da torre	27	Secundário	95	10	10	1	99	99
Casal Maria	8	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Espinho	1	Fossa séptica + poço absorvente	33	10	0	0	99	99
Fiais da Telha - Bacia I	22	Secundário	95	10	10	1	99	99
Fiais da Telha - Bacia II	20	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Fundo da Vila	4	Tanque de arejamento + decantador sec.	95	10	10	1	99	99
Gestosa 1	13	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Gestosa 2	12	Fossa séptica + leito percolador	95	8	10	1	99	99
Laceiras	21	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Lamieira 2	42	Etar compacta	95	10	10	1	99	99
Lamieiras 1	40	Fossa séptica + Lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Midões 1	52	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Midões 2	53	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Midões 3	51	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Midões 4	54	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Nagosela	15	Tanque Imhoff	40	10	0	0	99	99
Oliveirinha - Bacia I	19	Secundário	95	10	10	1	99	99
Papizios	28	Secundário	95	10	10	1	99	99
Parada - Bacia I	31	Secundário	95	10	10	1	99	99
Parada - Bacia II	30	Fossa Septica c filtro de areia enterrado	95	10	93	0	99	99

LUGAR	Nº de identificação	Tipo de tratamento	Eficiência de remoção CBO (%)	Eficiência de remoção P – PO ₄ (%)	Eficiência de remoção NH ₄ (%)	Eficiência de remoção N – NO _x (%)	Eficiência de remoção Coliformes totais (%)	Eficiência de remoção Coliformes fecais (%)
Pedraires	7	Fossa séptica + poço absorvente	33	10	0	0	99	99
Pinheirinho 1	38	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Pinheirinho 2	39	Fossa séptica + poço absorvente	33	10	0	0	99	99
Pinheiro	23	Secundário	95	10	10	1	99	99
Pinheiro 2	43	Fossa séptica + poço absorvente	33	10	0	0	99	99
Póvoa das Forçadas	29	Secundário	95	10	10	1	99	99
Pregoiinho	11	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Real	2	Fossa séptica + poço absorvente	33	10	0	0	99	99
Rojão Grande	36	Fossa séptica + leite percolador	95	8	10	1	99	99
Rojão Pequeno	37	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
São Joanhinho	3	Fossa séptica + poço absorvente	33	10	0	0	99	99
São João da Boavista	48	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
São Miguel	34	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Silvares - Guarita	32	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Sobral	16	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Tábua 1	45	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Tábua 2	44	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Tábua 3	46	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Tábua 4	47	Fossa séptica	33	10	0	0	99	99
Travanca	17	Secundário	95	10	10	1	99	99
Treixedo	14	Tanque Imhoff + leite percolador + decantador sec.	95	8	10	1	99	99
Vila de Barba 1	10	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Vila de Barba 2	9	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Vila Dianteira	33	Fossa séptica + lagoa de macrófitas	95	36	33	51	99	99
Vila Meã	26	Secundário	95	10	10	1	99	99
Vila Pouca	6	Tanque Imhoff + leite percolador	95	8	10	1	99	99

Quadro 20. Carga poluente gerada pelos sistemas de tratamento localizados na área adjacente à área de intervenção do POAA

Sistema de tratamento	Nº de identificação	População servida	CBO kg/ano	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N – NO _x kg/ano	Coliformes totais nº/ano	Coliformes fecais nº/ano	Caudal (m ³ /s)	Segmento
Albergaria	24	85	93	54	85	15	31 x 10 ¹⁰	3 x 10 ¹⁰	0.000096	2
Alvarelos	18	500	7337	498	747	183	183 x 10 ¹⁰	18 x 10 ¹⁰	0.000567	36
Azenha	25	200	219	179	269	72	73 x 10 ¹⁰	7 x 10 ¹⁰	0.000227	2
Cagido 1	41	300	329	191	300	54	110 x 10 ¹⁰	11 x 10 ¹⁰	0.000340	56
Cancela	35	350	383	223	350	63	128 x 10 ¹⁰	13 x 10 ¹⁰	0.000397	41
Candosa 1	50	267	3918	239	399	97	97 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.000303	4
Candosa 2	49	268	3932	240	400	98	98 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.000304	4
Casal Bom	5	100	1467	90	149	37	37 x 10 ¹⁰	4 x 10 ¹⁰	0.000113	45
Casal da torre	27	327	358	293	439	118	119 x 10 ¹⁰	12 x 10 ¹⁰	0.000371	3
Casal Maria	8	150	164	96	150	27	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000170	45
Espinho	1	150	2201	134	224	55	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000170	66
Fiais da Telha - Bacia I	22	716	784	641	962	259	261 x 10 ¹⁰	26 x 10 ¹⁰	0.000812	2
Fiais da Telha – Bacia II	20	150	2201	134	224	55	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000170	36
Fundo da Vila	4	100	110	90	134	36	37 x 10 ¹⁰	4 x 10 ¹⁰	0.000113	45
Gestosa 1	13	250	274	159	250	45	91 x 10 ¹⁰	9 x 10 ¹⁰	0.000284	41
Gestosa 2	12	150	164	137	202	54	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000170	41
Laceiras	21	278	4079	249	415	101	101 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.000315	36
Lamieira 2	42	150	164	134	202	54	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000170	7
Lamieiras 1	40	300	329	191	300	54	110 x 10 ¹⁰	11 x 10 ¹⁰	0.000340	7
Midões 1	52	142	2084	127	212	52	52 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000161	4
Midões 2	53	142	2084	127	212	52	52 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000161	4
Midões 3	51	142	2084	127	212	52	52 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000161	4
Midões 4	54	142	2084	127	212	52	52 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000161	4
Nagosela	15	700	9198	627	1045	256	256 x 10 ¹⁰	26 x 10 ¹⁰	0.000794	36
Oliveirinha - Bacia I	19	493	540	442	663	178	180 x 10 ¹⁰	18 x 10 ¹⁰	0.000559	36
Papizios	28	848	929	760	1140	306	310 x 10 ¹⁰	31 x 10 ¹⁰	0.000962	38
Parada - Bacia I	31	300	329	269	403	108	110 x 10 ¹⁰	11 x 10 ¹⁰	0.000340	4
Parada - Bacia II	30	200	219	179	21	73	73 x 10 ¹⁰	7 x 10 ¹⁰	0.000227	4
Pedraires	7	100	1467	90	149	37	37 x 10 ¹⁰	4 x 10 ¹⁰	0.000113	45
Pinheirinho 1	38	150	164	96	150	27	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000170	7
Pinheirinho 2	39	100	1467	100	149	37	37 x 10 ¹⁰	4 x 10 ¹⁰	0.000113	7

Sistema de tratamento	Nº de identificação	População servida	CBO kg/ano	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N - NO _x kg/ano	Coliformes totais nº/ano	Coliformes fecais nº/ano	Caudal (m ³ /s)	Segmento
Pinheiro	23	261	286	234	351	94	95 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.000296	36
Pinheiro 2	43	100	1467	90	149	37	37 x 10 ¹⁰	4 x 10 ¹⁰	0.000113	9
Póvoa das Forçadas	29	160	175	143	215	58	58 x 10 ¹⁰	6 x 10 ¹⁰	0.000181	3
Pregoinho	11	150	164	96	150	27	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000170	45
Real	2	100	1467	90	149	37	37 x 10 ¹⁰	4 x 10 ¹⁰	0.000113	66
Rojão Grande	36	550	602	504	739	199	201 x 10 ¹⁰	20 x 10 ¹⁰	0.000624	7
Rojão Pequeno	37	150	164	96	150	27	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000170	7
São Joanhinho	3	150	2201	134	224	55	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000170	45
São João da Boavista	48	192	2817	172	287	70	70 x 10 ¹⁰	7 x 10 ¹⁰	0.000218	9
São Miguel	34	250	274	159	250	45	91 x 10 ¹⁰	9 x 10 ¹⁰	0.000284	41
Silvares - Guarita	32	200	219	127	200	36	73 x 10 ¹⁰	7 x 10 ¹⁰	0.000227	39
Sobral	16	338	370	215	338	60	123 x 10 ¹⁰	12 x 10 ¹⁰	0.000383	36
Tábua 1	45	268	3932	240	400	98	98 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.000304	6
Tábua 2	44	268	3932	240	400	98	98 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.000304	6
Tábua 3	46	268	3932	240	400	98	98 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.000304	6
Tábua 4	47	268	3932	240	400	98	98 x 10 ¹⁰	10 x 10 ¹⁰	0.000304	6
Travanca	17	2500	2738	2240	3360	903	913 x 10 ¹⁰	91 x 10 ¹⁰	0.002836	36
Treixedo	14	1300	1424	1191	1747	470	475 x 10 ¹⁰	47 x 10 ¹⁰	0.001475	38
Vila de Barba 1	10	250	274	159	250	45	91 x 10 ¹⁰	9 x 10 ¹⁰	0.000284	45
Vila de Barba 2	9	150	164	96	150	27	55 x 10 ¹⁰	5 x 10 ¹⁰	0.000170	45
Vila Dianteira	33	250	274	159	250	45	91 x 10 ¹⁰	9 x 10 ¹⁰	0.000284	6
Vila Meã	6	470	515	421	632	170	172 x 10 ¹⁰	17 x 10 ¹⁰	0.000533	2
Vila Pouca	24	300	329	275	403	108	110 x 10 ¹⁰	11 x 10 ¹⁰	0.000340	45

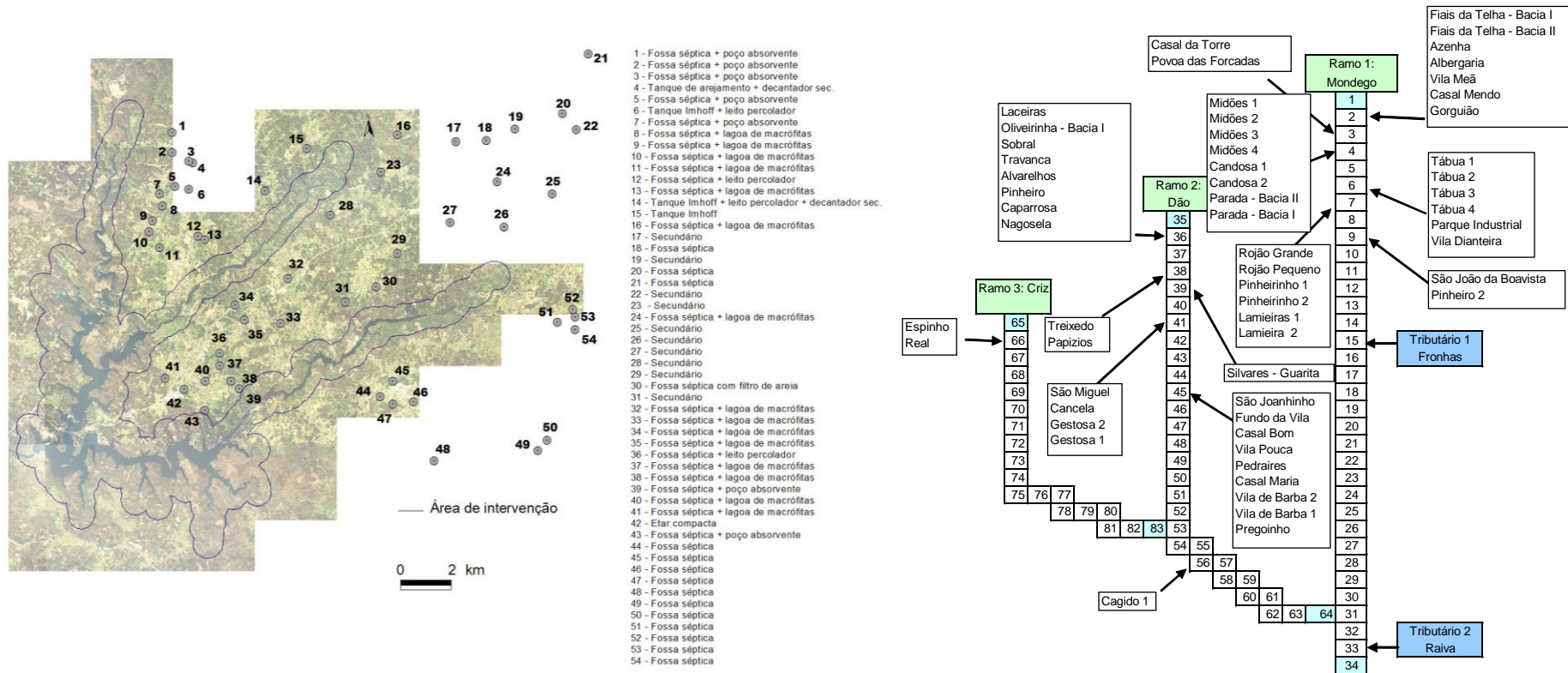


Figura 25. Distribuição espacial da carga poluente gerada pelos sistemas de tratamento localizados na área adjacente à área de intervenção do POAA

6.5. Carga difusa de origem agrícola e florestal

A carga poluente de origem difusa, gerada pelas actividades agrícolas e pelas áreas florestais, foi estimada considerando os diferentes usos do solo associados à área de estudo, obtidos através da carta CORINE 2000. A área avaliada corresponde, na sua totalidade, à área drenante à albufeira da Aguieira, localizada a jusante das secções de afluência de cada um dos ramos considerados (Figura 26), definidas pelas estações de monitorização utilizadas para caracterizar a qualidade da água afluente à albufeira.

A inexistência de dados de campo que permitam uma efectiva quantificação da carga difusa gerada pelas actividades agrícolas e pelas áreas florestais, foi ultrapassada através da utilização de taxas de exportação (Quadro 21) que, pela sua definição, reflectem a carga média de um determinado nutriente que aflui a uma massa de água em função do uso do solo. A percentagem da área total de solo que corresponde a cada um dos diferentes usos foi determinada através de um sistema de SIG (Sistema de Informação Geográfica), Arcview 3.2®.

A carga difusa de azoto total (N total) foi incluída no modelo CE-QUAL-W2, sob a forma de azoto amoniacal (NH_4) e de Nitratos + Nitritos (NO_x). A correspondente quantificação foi realizada admitindo que todo o azoto é inorgânico, sendo constituído em 20% por NH_4 e em 80% por N-NO_x , de acordo com as percentagens observadas na estação de monitorização de qualidade da água da albufeira da Aguieira (11H/05), através de 21 valores medidos durante os anos de 2000 e 2001, que foram seleccionados pelo facto de constituírem o período temporal mais recente em que estão disponíveis registos que incluem todos os compostos azotados para a definição das percentagens atrás indicadas.

A carga difusa de P_total foi incluída no modelo sob a forma de ortofosfato (PO_4) considerando que este representa 80% da carga total de fósforo.

Quadro 21. Taxas de exportação

Legenda	Azoto total kg/ha/ano	Fósforo total kg/ha/ano	Referência
Agricultura com espaços naturais	2.70	0.30	1)
Culturas anuais associadas as culturas permanentes	2.70	0.30	1)*
Culturas anuais de sequeiro	2.70	0.30	1)*
Espaços florestais degradados cortes e novas plantações	2.00	0.05	2)*
Floresta de resinosas	2.00	0.05	2)*
Florestas de folhosas	2.00	0.05	2)*
Florestas mistas	2.00	0.05	2)
Matos	2.00	0.05	2)*
Pastagens naturais	1.50	0.90	1)
Sistemas culturais e parcelares complexos	2.70	0.30	1)*
Vinha	2.70	0.30	1)*

1) Taxa de exportação referida em Novotny,1994

1*) Valor assumido considerando a taxa de exportação referida em Novotny,1994

2) Taxa de exportação referida em Dal & Kurtar (em Tanik, 1999)

2*) Valor assumido considerando a taxa de exportação definida em Dal & Kurtar (em Tanik, 1999)

Por sua vez, o escoamento superficial foi estimado considerando um coeficiente de escoamento de 0.4 no semestre húmido e de 0.3 no semestre seco, obtidos através das cartas de precipitação e de escoamento do Atlas do Ambiente, de acordo com o anteriormente referido.

A precipitação total diária ponderada foi obtida pelo método dos polígonos de Thiessen (Figura 26), tendo sido considerados os dados de 4 estações meteorológicas automáticas do INAG. Assim, foi possível determinar o escoamento gerado em cada uma das áreas, por linha de água, ao longo do ano de 2004 com uma discretização diária. Na Figura 27 são apresentados os valores do caudal total afluente à albufeira de Aguieira, correspondente ao escoamento superficial, calculado de acordo com a metodologia adoptada.

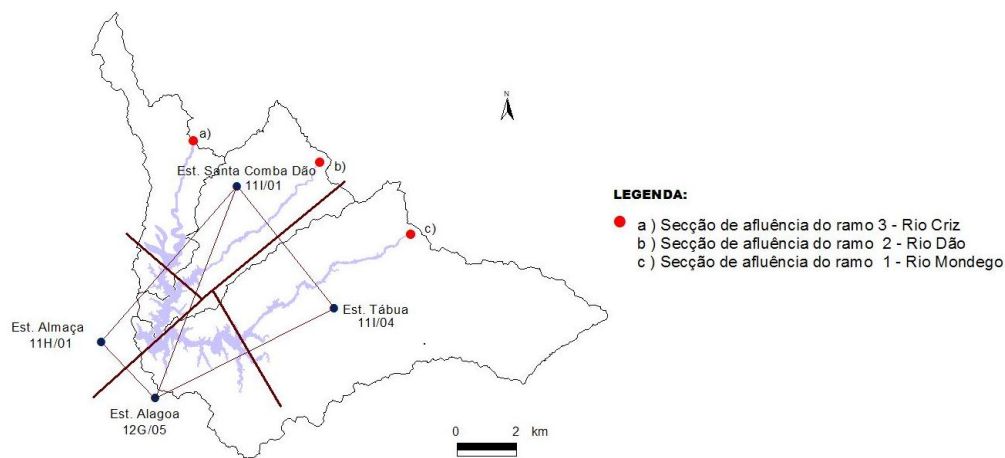


Figura 26. Polígonos de Thiessen utilizados na determinação da precipitação diária ponderada

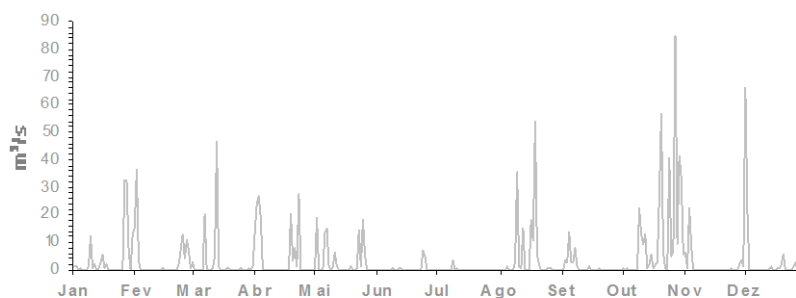


Figura 27. Caudal superficial, gerado nas áreas agrícolas e florestais incluídas na área considerada, afluente aos rios Mondego, Dão e Criz

Recorrendo à mesma abordagem metodológica, determinou-se a carga poluente e o escoamento superficial (Figura 28), gerados, exclusivamente na área de intervenção do POAA.

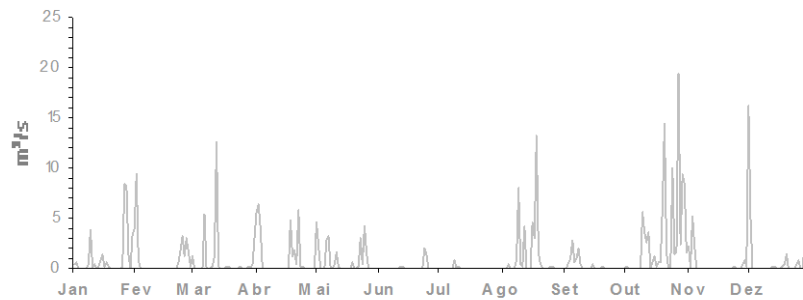


Figura 28. Caudal superficial, gerado nas áreas agrícolas e florestais incluídas na área de intervenção do POAA, afluente aos rios Mondego, Dão e Criz

Nos Quadros 22 e 23, podem observar-se as cargas poluentes geradas nas áreas avaliadas, em função do uso do solo e repartidas por cada uma das linha de água consideradas.

A carga poluente foi introduzida no modelo de forma difusa através de três tributários distribuídos, respectivamente pelo rio Mondego, Dão e Criz. Nas Figuras 29 e 30, podem observar-se os diferentes usos de solo obtidos através da Carta CORINE 2000, que caracterizaram as áreas em estudo.

Quadro 22. Carga difusa de origem agrícola e florestal gerada na área drenante à albufeira da Aguieira localizada a jusante das secções de afluência de cada um dos ramos considerados

Legenda	ÁREA DE INTERVENÇÃO 500 m - MONDEGO				ÁREA DE INTERVENÇÃO 500 m - DÃO				ÁREA DE INTERVENÇÃO 500 m - CRIZ			
	Área ha	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N - NO _x kg/ano	Área ha	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N - NO _x kg/ano	Área ha	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N - NO _x kg/ano
Agricultura com espaços naturais	1635	392	1135	3532	976	234	677	2107	217	52	151	469
Culturas anuais associadas as culturas permanentes	5249	1260	3644	11337	240	58	167	519	89	21	62	191
Culturas anuais de sequeiro	77	19	54	167	40	10	28	86	0	0	0	0
Espaços florestais degradados cortes e novas plantações	3000	120	1543	4799	549	22	282	878	434	17	223	694
Florestas de resinosas	4612	184	2372	7379	2261	90	1163	3618	1071	43	551	1713
Florestas de folhosas	2349	94	1208	3758	589	24	303	942	2725	109	1401	4360
Florestas mistas	6843	274	3519	10949	1134	45	583	1815	838	34	431	1341
Matos	167	7	86	268	0	0	0	0	54	0	0	0
Planos de água	848	0	0	0	449	0	0	0	257	0	0	0
Pastagens naturais	0	0	0	0	0	0	0	0	51	36	20	61
Redes viárias e ferroviárias gerais	19	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
Sistemas culturais e parcelares complexos	1603	385	1113	3462	1961	471	1362	4236	61	0	0	0
Tecido urbano descontínuo	246	0	0	0	179	0	0	0	5	0	0	0
Vinha	0	0	0	0	19	5	13	42	0	0	0	0
Total	26647	2734	14674	45651	8405	958	4578	14244	5801	313	2838	8830

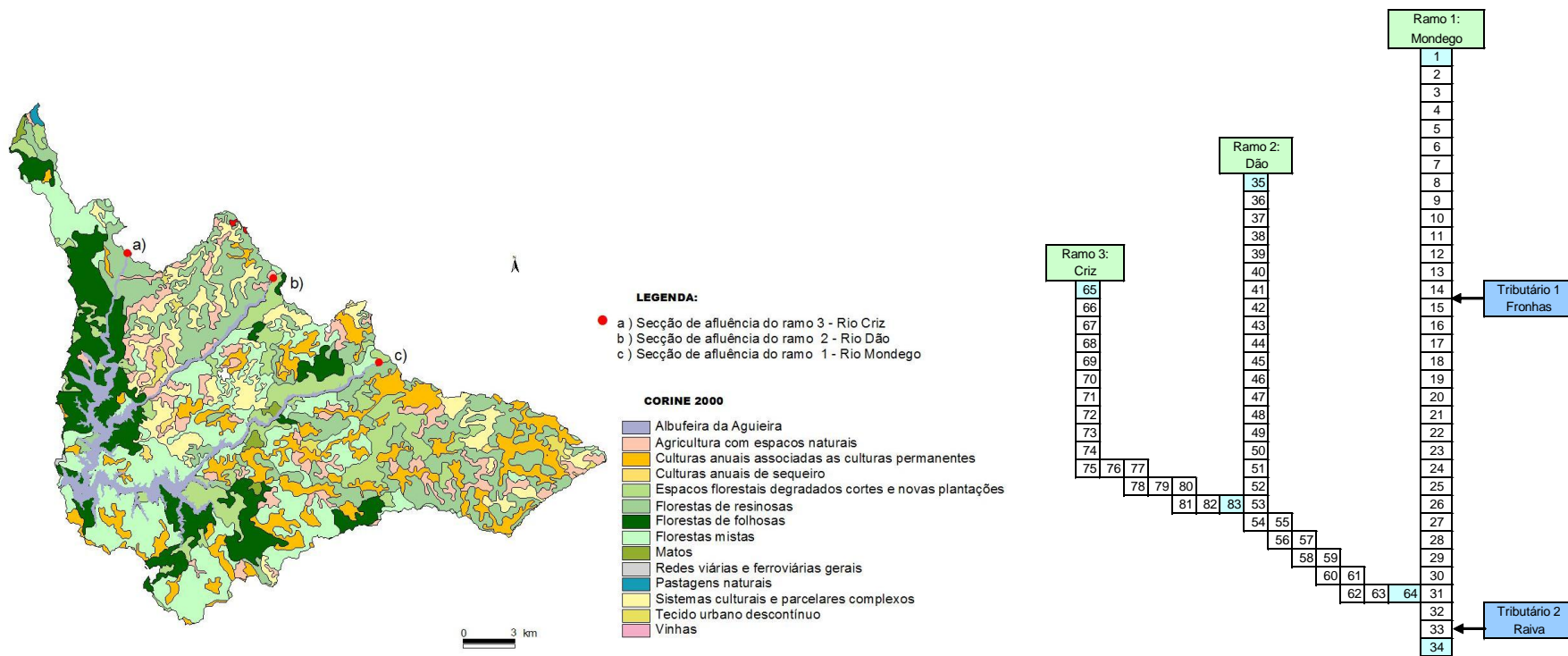


Figura 29. Carta CORINE 2000 - Área drenante à albufeira da Aguieira localizada a jusante das secções de afluência de cada um dos ramos considerados

Quadro 23. Carga difusa de origem agrícola e florestal gerada na área de intervenção do POAA

Legenda	ÁREA DE INTERVENÇÃO 500 m - MONDEGO				ÁREA DE INTERVENÇÃO 500 m - DÃO				ÁREA DE INTERVENÇÃO 500 m - CRIZ			
	Área ha	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N - NO _x kg/ano	Área ha	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/ano	N - NO _x kg/ano	Área ha	P - PO ₄ kg/ano	NH ₄ kg/a no	N - NO _x kg/ano
Agricultura com espaços naturais	42	10	29	91	198	48	138	428	52	12	36	112
Culturas anuais associadas as culturas permanentes	157	38	109	339	59	14	41	128	12	3	8	26
Espaços florestais degradados cortes e novas plantações	857	34	441	1371	235	9	121	376	116	5	60	185
Florestas de resinosas	250	10	129	400	419	17	216	671	327	13	168	523
Florestas de folhosas	601	24	309	961	388	16	200	621	1331	53	684	2129
Florestas mistas	1967	79	1012	3147	519	21	267	830	11	0	6	17
Matos	84	3	43	135	0	0	0	0	0	0	0	0
Planos de água	844	0	0	0	449	0	0	0	257	0	0	0
Redes viárias e ferroviárias gerais	15	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Sistemas culturais e parcelares complexos	11	3	8	24	99	24	69	214	0	0	0	0
Tecido urbano descontínuo	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0
Total	4827	201	2079	6467	2407	148	1050	3268	2105	87	962	2993

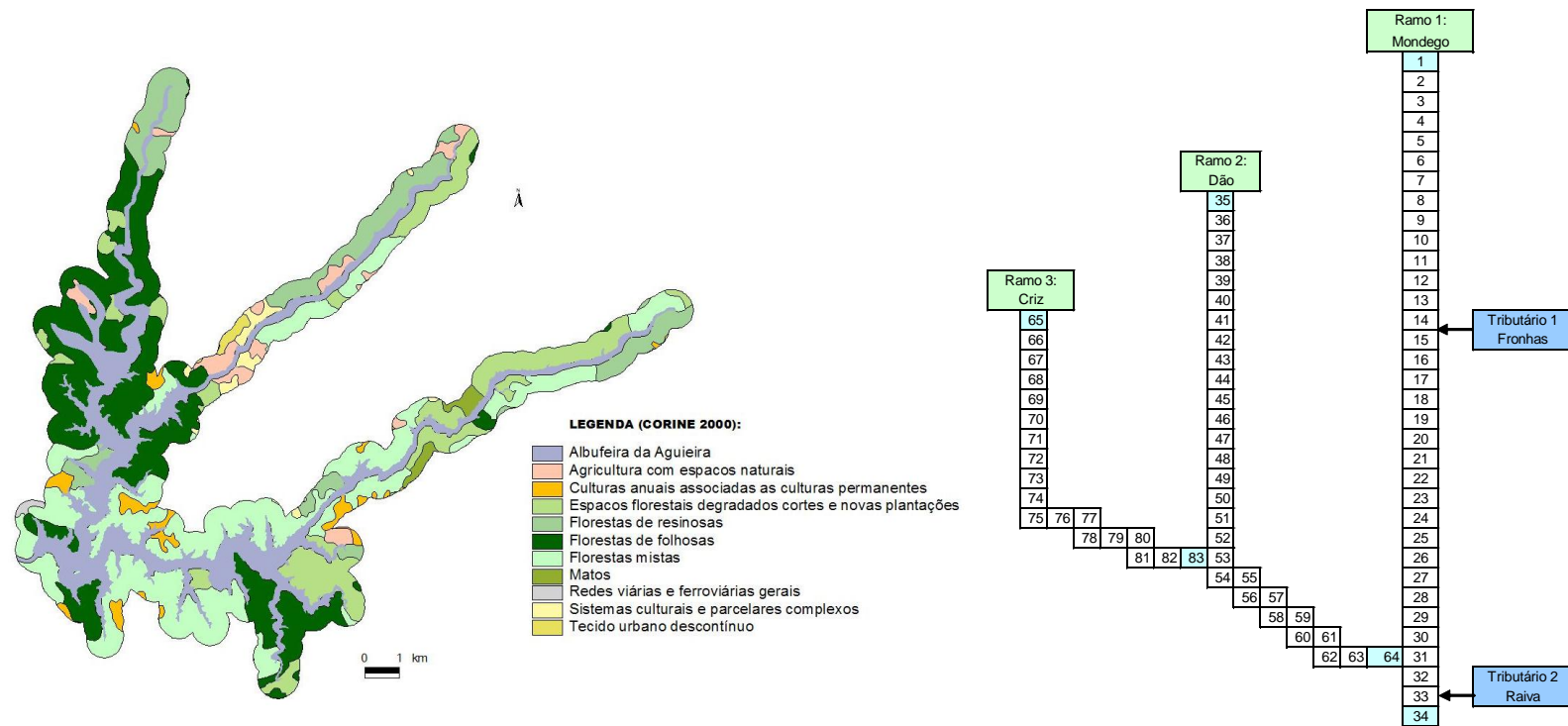


Figura 30. Carta CORINE 2000 – Área drenante à albufeira da Aguieira localizada na área de intervenção do POAA

7. CALIBRAÇÃO DO MODELO CE-QUAL-W2

7.1 - Introdução

A aferição da evolução da cota da superfície livre da massa de água e dos valores de variáveis e constantes representativas dos processos físicos, químicos e biológicos, inerentes aos constituintes simulados, constituem de uma forma genérica, os principais processos de calibração do modelo.

Assim, a sequência de calibração do modelo iniciou-se com a aferição da cota da superfície livre da massa de água ao longo do período de simulação, o ano civil de 2004, que depende do nível da albufeira na data inicial da simulação, das entradas e saídas de água no sistema ao longo do período de simulação e dos volumes obtidos a partir da representação batimétrica adoptada.

Posteriormente, procedeu-se à calibração da temperatura e da hidrodinâmica do sistema. Este processo foi dificultado pela grande turbulência que se observa na zona onde foram obtidos os perfis da EDP, devido aos elevados caudais de bombagem e de turbinagem do sistema hidroeléctrico da barragem da Aguieira. Foi ainda dificultado pela incerteza associada aos valores desses caudais, uma vez que, tal como referido anteriormente, os valores de bombagem foram obtidos por um balanço de volumes, assumindo que os restantes valores afluentes e efluentes disponibilizados pelo SNIRH eram correctos.

Por último, procedeu-se à calibração dos valores das concentrações dos parâmetros descritores da qualidade da água do sistema, através de um processo iterativo, em que os resultados obtidos em cada simulação são sucessivamente comparados com os dados de campo disponíveis.

7.2 - Condições iniciais de simulação

As condições iniciais do processo de simulação são definidas no ficheiro de controlo do modelo, no ficheiro de batimetria e, no caso de existir informação para esse efeito e de se considerar que é relevante, em ficheiros com perfis verticais e/ou longitudinais dos valores de concentração dos diferentes parâmetros a simular. No ficheiro de controlo são definidas, entre outras, as seguintes condições iniciais:

1. Período de simulação – data inicial e final de simulação.
2. Temperatura inicial. No caso de existir a informação necessária, podem ser incluídos perfis verticais e longitudinais de temperatura.
3. Concentração inicial dos constituintes a simular. Também neste caso, se existir a informação necessária, podem ser incluídos perfis verticais e longitudinais dos valores de concentração dos constituintes a simular.
4. Número, localização e características dos pontos de afluência e de descarga ou tomada de água.
5. Cota da superfície livre no início da simulação.
6. Tipo de massa de água – água doce ou salgada.

O período para o qual se procedeu à calibração do modelo corresponde ao ano civil de 2004. A escolha deste período para a realização da calibração deveu-se, sobretudo, à disponibilidade de dados de base essenciais para a sua execução, correspondentes a um ano relativamente recente.

Assim, para as condições iniciais do sistema a simular, consideraram-se os dados disponibilizados pelo SNIRH, relativos à estação de qualidade da água da Albufeira da Aguieira (11H/05), observados no dia 05-01-2004. No caso do NH₄, o valor de concentração (<0.02) registado na referida estação corresponde ao limite de deteção para o método analítico utilizado, razão pela qual foi considerado o valor de 0.005 mg/L, medido no mesmo dia na estação de Nelas (10k/03), que caracteriza a qualidade da água afluenta à albufeira pelo rio Mondego. Para todos os parâmetros considerados, assumiu-se que os valores/concentrações são constantes para toda a massa de água, o que corresponde a assumir condições de mistura completa no início do período de simulação. Os valores considerados para as condições iniciais são apresentados no Quadro 24.

Quadro 24. Condições iniciais de simulação do ano de 2004

Cota da superfície livre	117,00 m
Temperatura	9,50 °C
Oxigénio dissolvido	9,50 mg/L
P-Ortofosfatos	0,011 mg/L
Biomassa algal	0,124 mg/L
Azoto amoniacal	0,05 mg/L
N-Nitratos + N-Nitritos	1,084 mg/L
CBO ₅	1,00 mg/L
Sólidos dissolvidos totais	48,75 mg/L
Coliformes fecais	0 NMP/L
Coliformes totais	200 NMP/L
pH	7,0

7.3 - Verificação do balanço de volumes

Como se pode observar nas Figuras 31 e 32, nas quais se apresentam os valores simulados e observados de volume armazenado e do nível da superfície livre na albufeira da Aguieira ao longo do ano de 2004, foi conseguido um bom ajustamento entre os dois conjuntos de resultados.

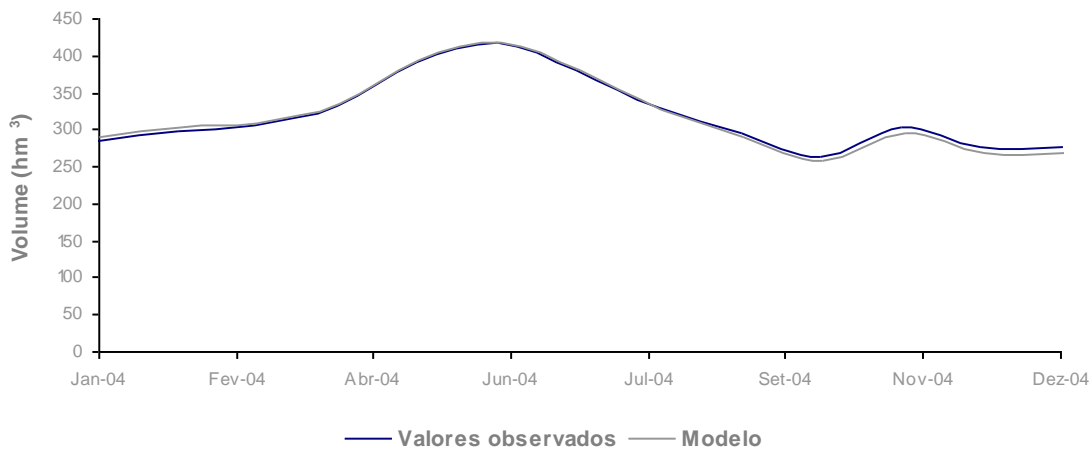


Figura 31. Evolução temporal de volumes simulados e observados

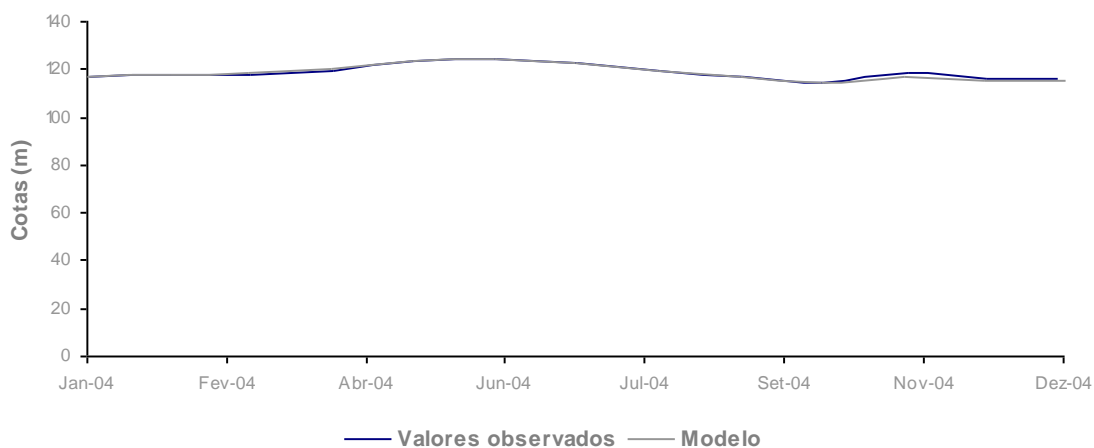


Figura 32. Evolução temporal das cotas da superfície livre simuladas e observadas

O bom ajustamento que se pode observar nas figuras 31 e 32, significa que a grelha batimétrica definida para o modelo tem capacidade para reproduzir, correctamente, a relação de cotas versus volumes armazenados no sistema em análise.

7.4 - Resultados obtidos no processo de calibração

7.4.1 Introdução

Os resultados obtidos com as simulações realizadas para o ano de 2004, foram comparados com os seguintes conjuntos de dados:

a) Valores de concentração obtidos, à superfície e ao longo do ano, em quatro estações de qualidade da água do SNIRH, distribuídas pelos três ramos considerados na albufeira:

- 💧 - Est. Ponte de São Jorge (11/12) – rio Criz
- 💧 - Est. Santa Comba Dão (11/11) – rio Dão

- - Est. Pinheiro de Ázere (11I/10) – rio Mondego
- - Est. Alb. da Aguieira (11H/05) – rio Mondego

Deve referir-se que existem lacunas de valores de concentração de alguns parâmetros, no que se refere à Est. Ponte São Jorge, o que impossibilitou, nalguns casos, a comparação dos resultados obtidos para o rio Criz com valores amostrados.

b) Perfis verticais de valores de concentração disponibilizados pela EDP, obtidos na albufeira da Aguieira a 1.2 km da barragem, nos meses de Fevereiro, Maio, Agosto e Novembro de 2004.

Nas secções seguintes serão apresentados e analisados os resultados obtidos para todos os parâmetros simulados, relativos aos exercícios de simulação desenvolvidos para o ano de 2004.

7.4.2 Temperatura

A análise do comportamento térmico da albufeira ao longo do ano de 2004, permitiu concluir que esta massa de água apresenta um comportamento característico de um lago monomítico quente, típico das zonas temperadas, em que os valores da temperatura da água no ano de 2004, nunca descem abaixo dos 8°C, quer à superfície quer em profundidade, bem como uma alternância de períodos de homogeneização dos valores da temperatura ao longo de toda a coluna de água com períodos de forte estratificação térmica, característicos, respectivamente, dos períodos mais frios e mais quentes do ano.

Na Figura 33 apresentam-se os valores da temperatura da massa de água, ao longo da globalidade do seu ramo principal (rio Mondego), no dia 1 de Agosto de 2004, onde é bem patente a forte estratificação térmica que se faz sentir em toda a albufeira.

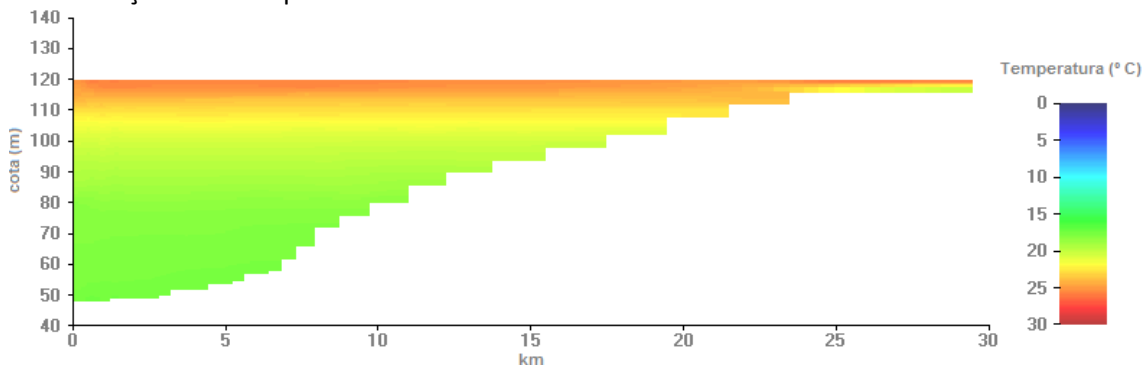


Figura 33. Temperatura da massa de água ao longo do rio Mondego - 1 de Agosto, 2004

A calibração deste parâmetro foi dificultada pelo facto de não existirem valores de caudal que caracterizem, com rigor, as afluições e efluências de água à albufeira da Aguieira, de acordo com o referido anteriormente. No entanto, e como se pode observar nas figuras 34 a 38, obteve-se um bom ajustamento entre os valores obtidos com o modelo e os valores observados na albufeira, no que à temperatura diz respeito.

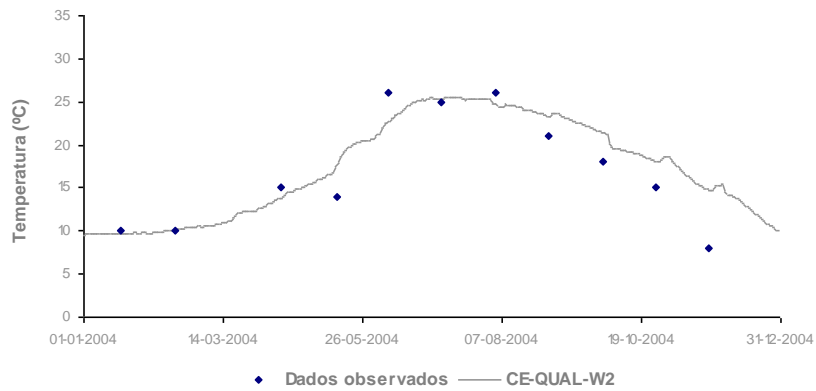


Figura 34. Série temporal - temperatura - Ponte São Jorge (11/12) – Rio Criz

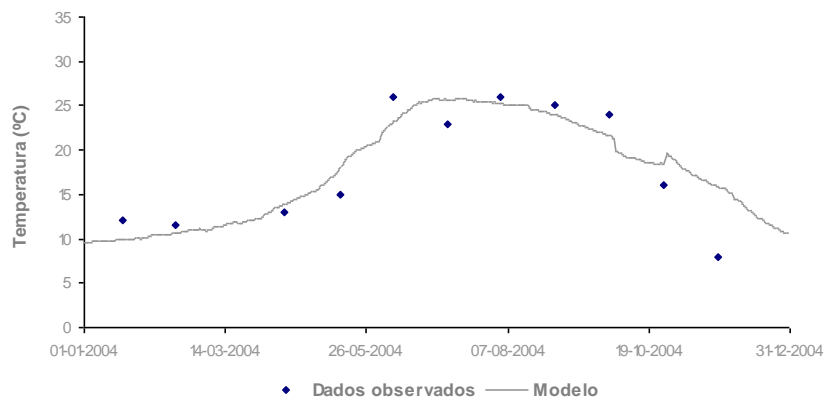


Figura 35. Série temporal - temperatura – Santa Comba Dão (11/11) – Rio Dão

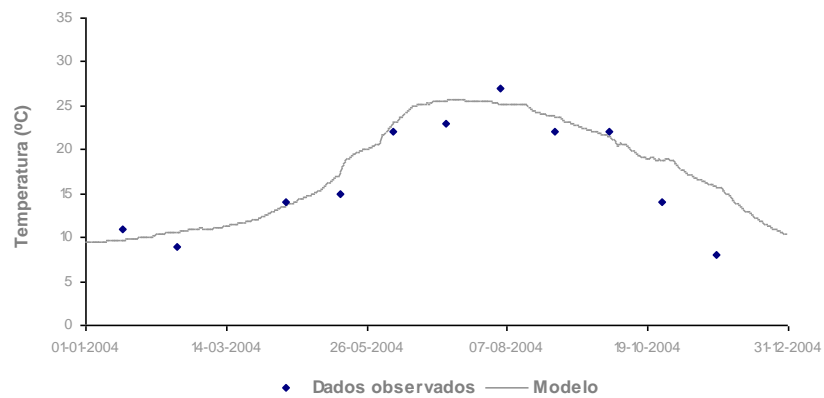


Figura 36. Série temporal - temperatura – Pinheiro de Ázere (11/10) – Rio Mondego

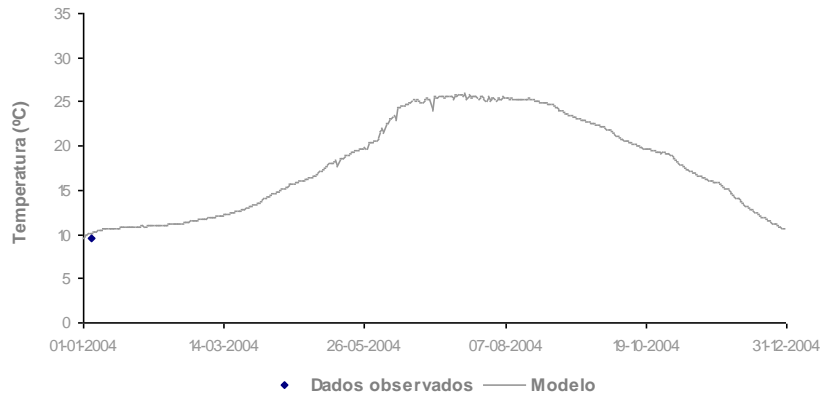


Figura 37. Série temporal - temperatura – Alb. Aguieira (11H/05) – Rio Mondego

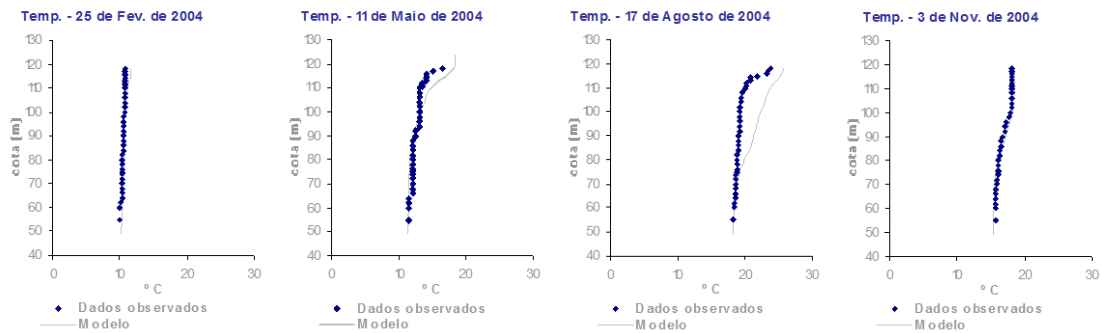


Figura 38. Perfis - temperatura – 1.2 km a montante da barragem da Aguieira – Rio Mondego

7.4.3 Oxigénio dissolvido

A calibração deste parâmetro (OD) foi, tal como para a temperatura, bastante exigente, tendo sido necessário realizar inúmeros exercícios de simulação, para se conseguir um bom ajustamento entre os resultados do modelo e os valores amostrados.

A análise realizada relativamente a este parâmetro permitiu verificar que os níveis de oxigénio dissolvido nos meses mais quentes do ano são muito reduzidos, nomeadamente nas camadas mais profundas da massa de água, o que era expectável considerando o estado trófico desta albufeira e o comportamento térmico (estratificação) da mesma (Figura 39).

A análise realizada aos dados recolhidos pelo SNIRH, relativos à estação da albufeira da Aguieira (11H/05), revelou que os valores de OD não ultrapassavam o limite estabelecido para que se classificasse a albufeira como eutrófica. No entanto, esta análise deve ser realizada com algum cuidado pois como se pode observar na Figura 39, se a recolha da amostra for realizada em profundidade o valor de concentração de OD é muito diferente do que seria obtido à superfície da massa de água.

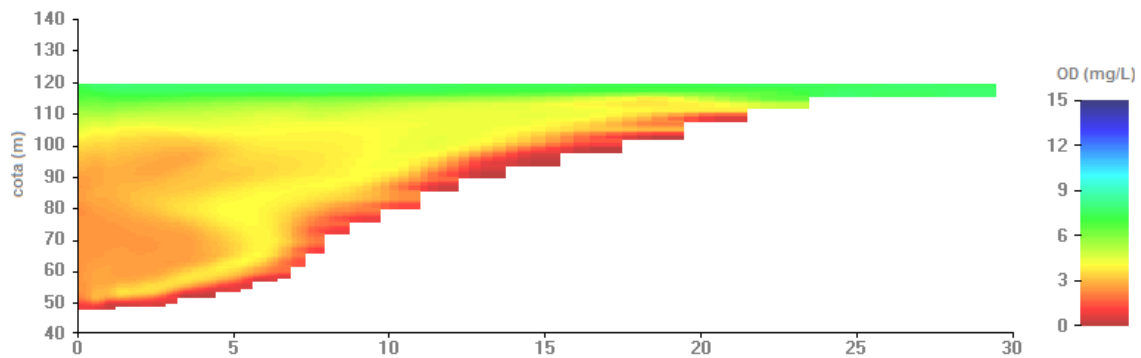


Figura 39. OD na massa de água ao longo do rio Mondego - 1 de Agosto, 2004

Nas Figuras 40 a 44 podem observar-se os resultados finais obtidos com o processo de calibração do OD. A análise das referidas figuras permite verificar que existe um bom ajustamento entre os resultados obtidos com o modelo e os dados observados na massa de água.

Assim, pode concluir-se que a tendência de evolução dos dois conjuntos de resultados (simulados e amostrados), quer à superfície quer ao longo da coluna de água, é semelhante e que, face aos dados disponíveis, o modelo descreveu de forma satisfatória o comportamento do OD na albufeira.

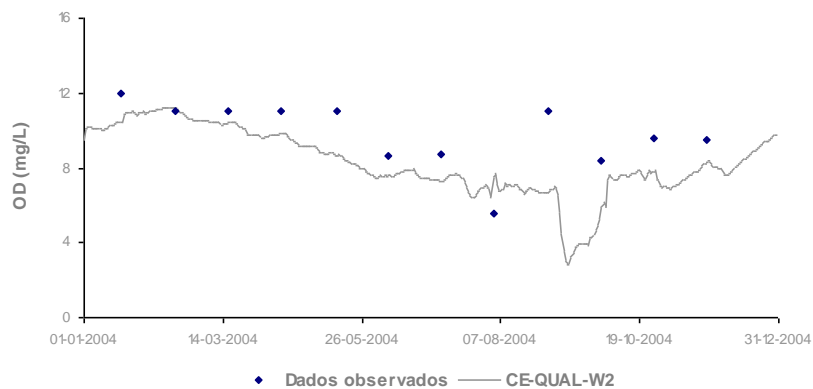


Figura 40. Série temporal - OD - Ponte São Jorge (11I/12) – Rio Criz

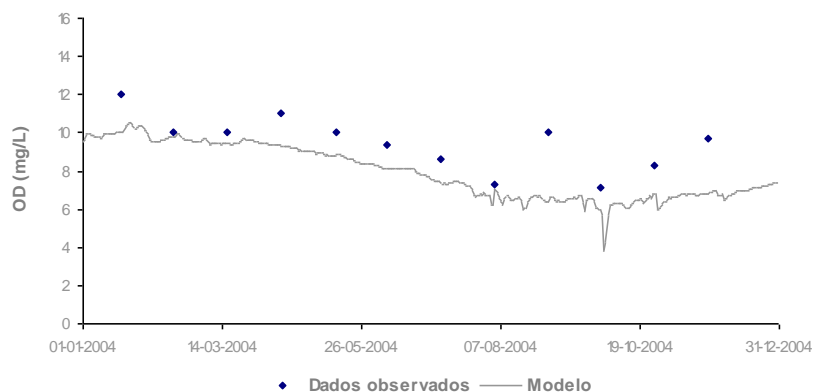


Figura 41. Série temporal - OD – Santa Comba Dão (11I/11) – Rio Dão

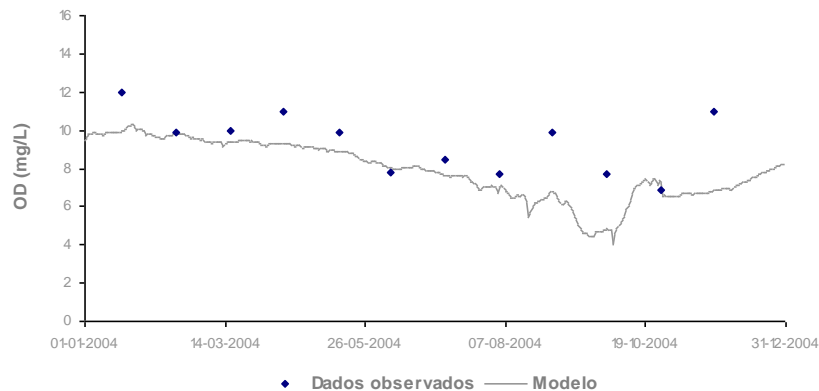


Figura 42. Série temporal - OD – Pinheiro de Ázere (11I/10) – Rio Mondego

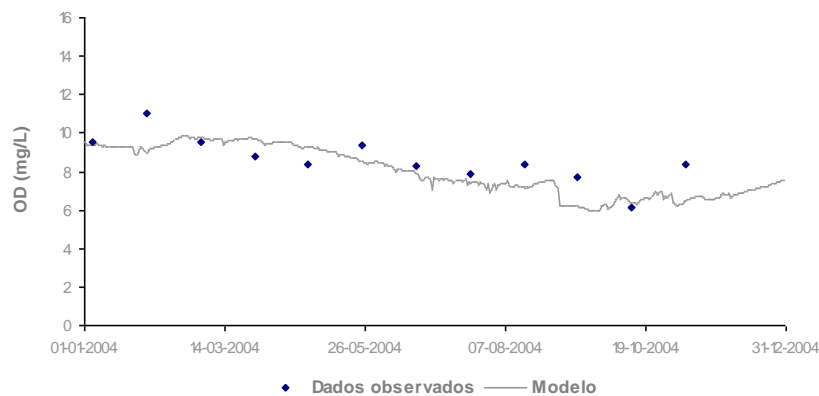


Figura 43. Série temporal - OD – Alb. Agueira (11H/05) – Rio Mondego

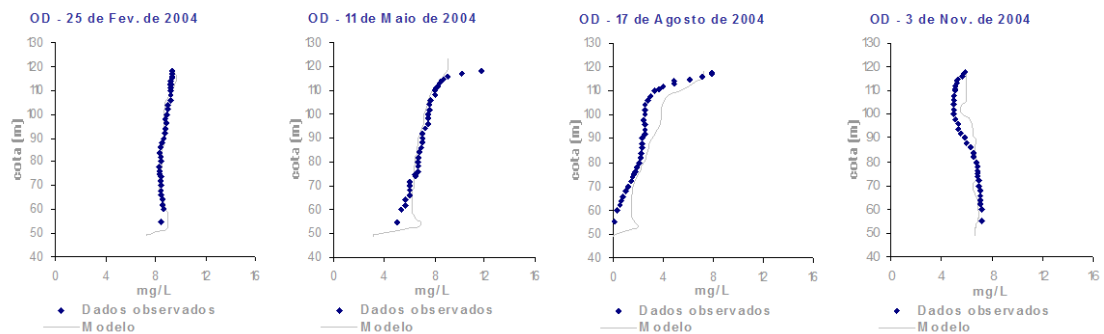


Figura 44. Perfis - OD – 1.2 km a montante da barragem da Agueira – Rio Mondego

7.4.4 Carência bioquímica de oxigénio

Relativamente à CBO_5 , verifica-se, pela análise das Figuras 45 a 49, que apesar de pontualmente existirem situações que reflectem potenciais descargas de poluição, que não são descritas pelo modelo (Figuras 46 e 48), este descreve, em termos globais, de forma relativamente satisfatória a evolução da concentração deste constituinte em toda a massa de água (Figura 49).

A simulação de situações pontuais de poluição está inteiramente dependente da discretização dos dados de entrada do modelo. Com efeito, a correcta descrição dessa situação só seria possível de

obter se existissem elementos que permitissem considerar uma discretização diária ao nível dos dados de entrada do modelo.

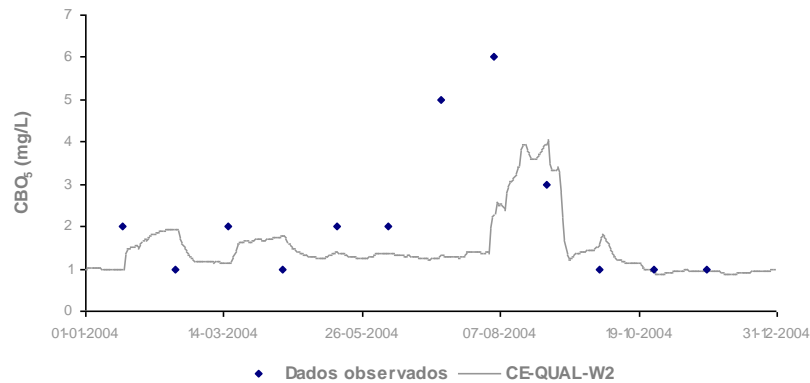


Figura 45. Série temporal - CBO_5 - Ponte São Jorge (11/12) – Rio Criz

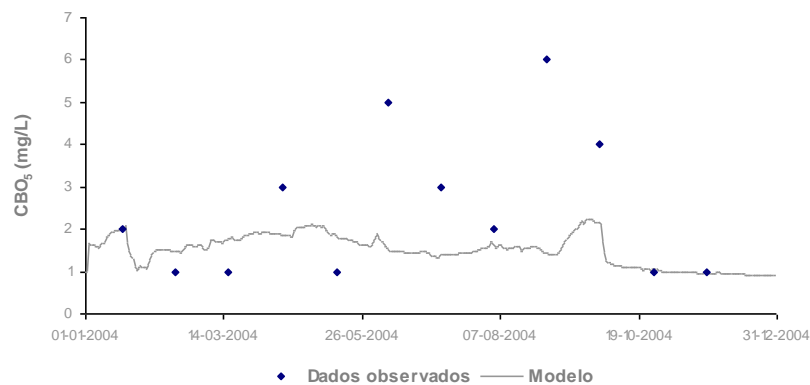


Figura 46. Série temporal - CBO_5 – Santa Comba Dão (11/11) – Rio Dão

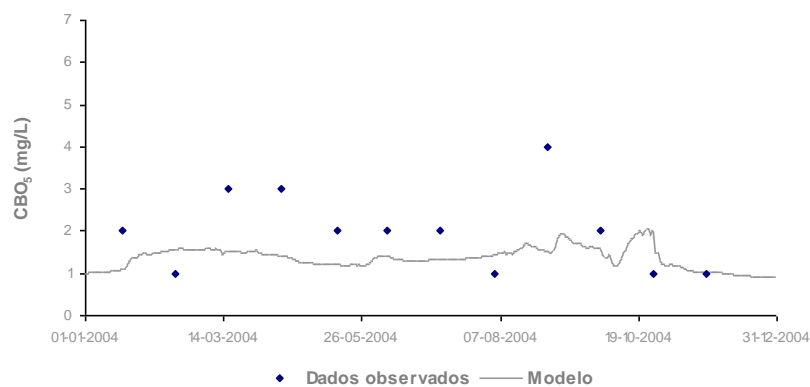


Figura 47. Série temporal - CBO_5 – Pinheiro de Ázere (11/10) – Rio Mondego

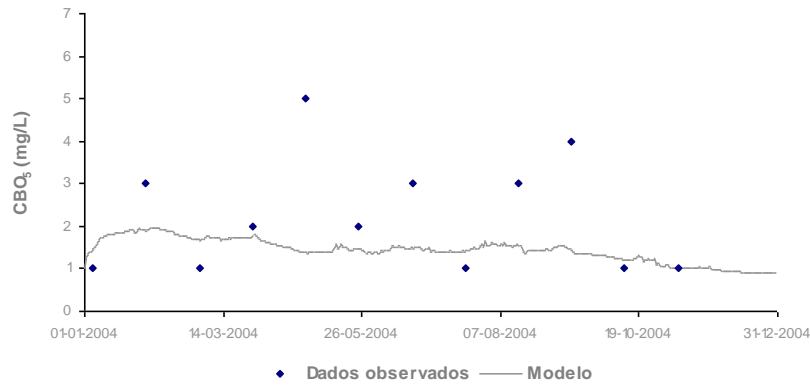


Figura 48. Série temporal – CBO₅ – Alb. Agueira (11H/05) – Rio Mondego

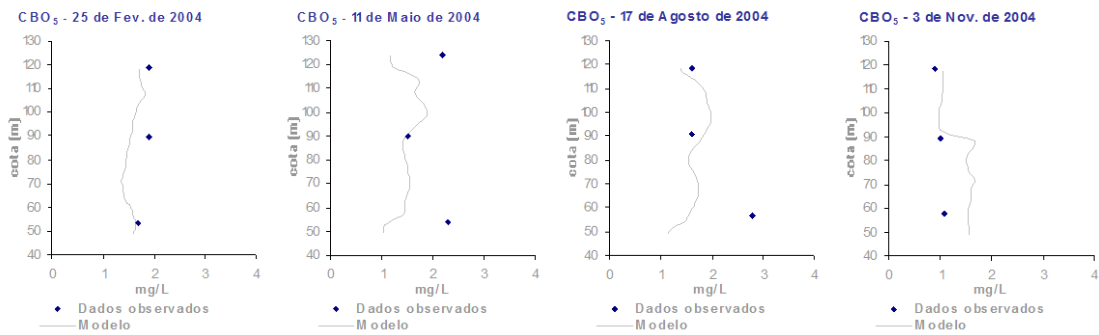


Figura 49. Perfis – CBO₅ – 1.2 km a montante da barragem da Agueira – Rio Mondego

7.4.5 Nitratos e nitritos

A análise das Figuras 50 a 53 permite verificar que o modelo simulou correctamente a concentração de NO_x na albufeira da Agueira. De facto apenas os valores mais elevados e de carácter pontual, que foram observados no início do ano na estação de Pinheiro de Ázere (11/05) (Figura 51), não são descritos pelos resultados das simulações efectuadas com o modelo.

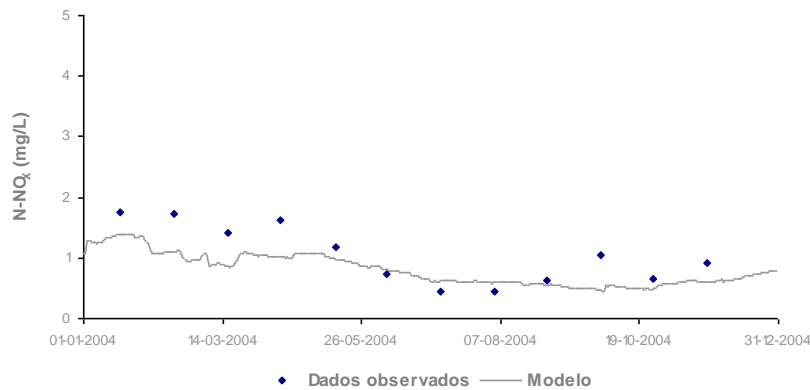


Figura 50. Série temporal – N-NO_x – Santa Comba Dão (11/11) – Rio Dão

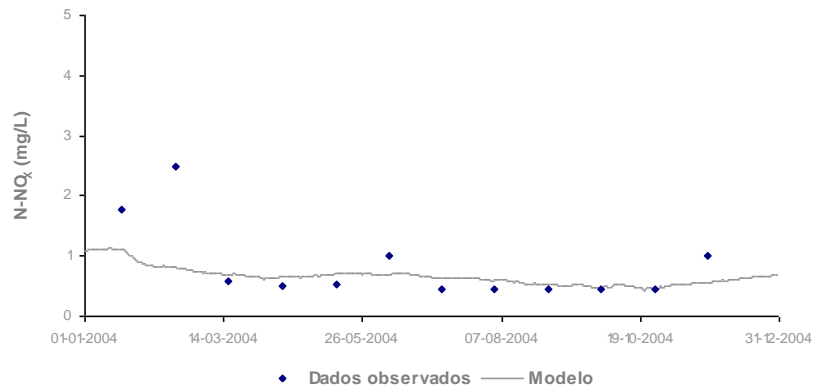


Figura 51. Série temporal – N-NO_x – Pinheiro de Ázere (11I/10) – Rio Mondego

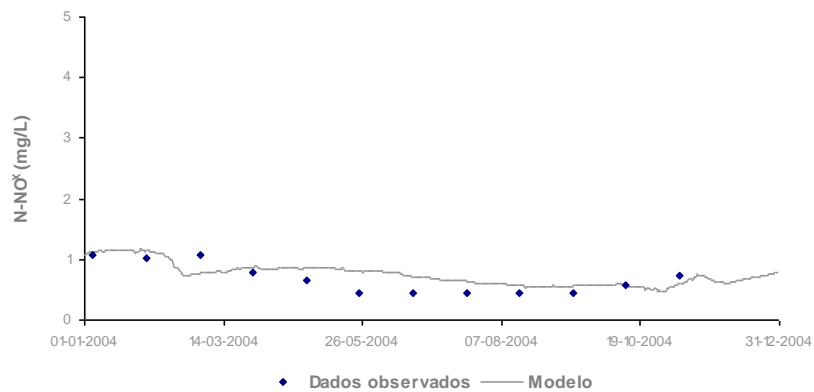


Figura 52. Série temporal – N-NO_x – Alb. Agueira (11H/05) – Rio Mondego

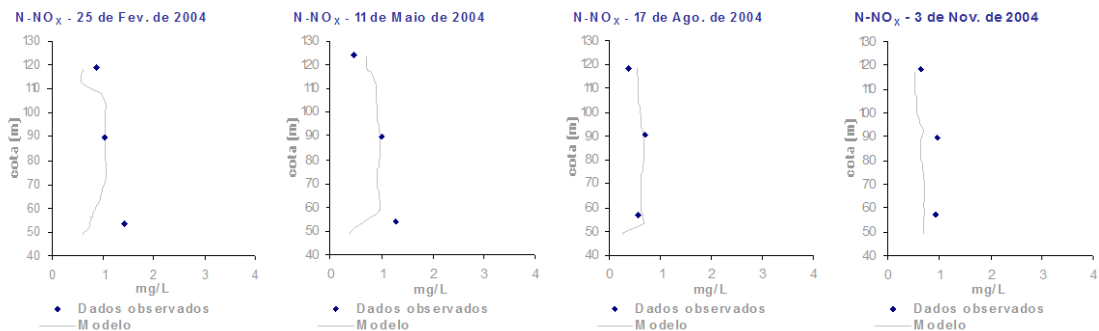


Figura 53. Perfis – N-NO_x – 1.2 km a montante da barragem da Agueira – Rio Mondego

7.4.6 Azoto amoniacal

No que se refere a este parâmetro (NH₄), verifica-se que a comparação dos resultados do modelo com os valores resultantes das amostragens desenvolvidas pela EDP ao longo da coluna de água (Figura 58), permitem considerar que o ajustamento conseguido entre os dois conjuntos de dados é bastante bem conseguido. Por outro lado, a comparação dos resultados do modelo com os valores de concentração de NH₄ registados nas estações de monitorização de Ponte São Jorge, Santa Comba Dão, Pinheiro de Ázere e Albufeira da Agueira (Figuras 54 a 57), é inconclusiva, na medida em que o

limite de detecção do método de análise utilizado (0.2 mg/L) não permite proceder à desejável avaliação comparativa entre os dois conjuntos de resultados.

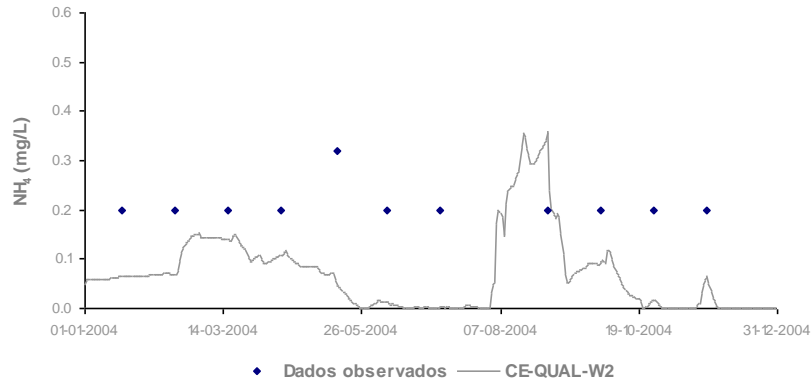


Figura 54. Série temporal – NH_4 – Ponte São Jorge (11/12) – Rio Criz

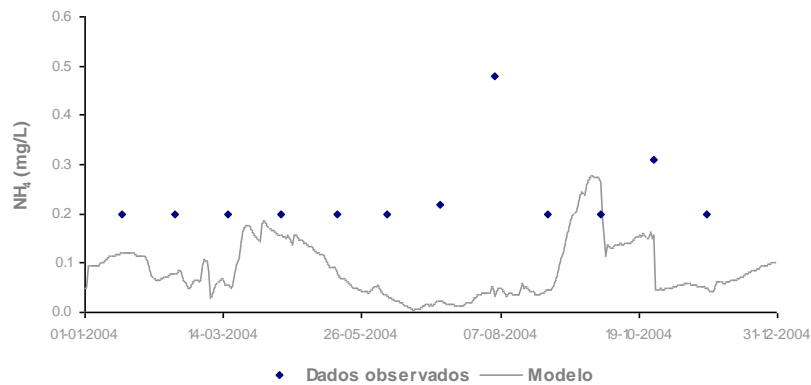


Figura 55. Série temporal – NH_4 – Santa Comba Dão (11/11) – Rio Dão

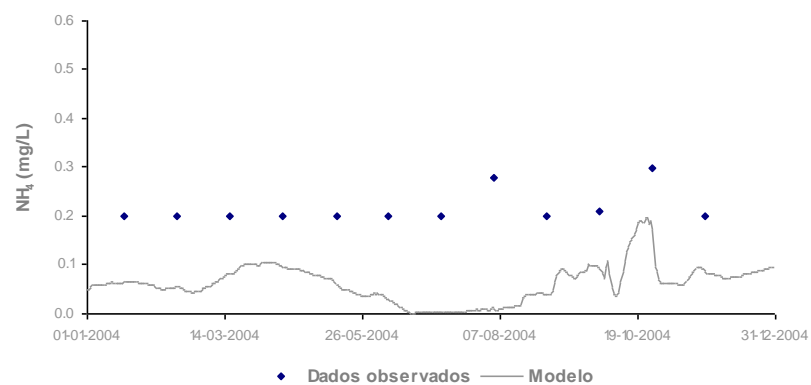


Figura 56. Série temporal – NH_4 – Pinheiro de Ázere (11/10) – Rio Mondego

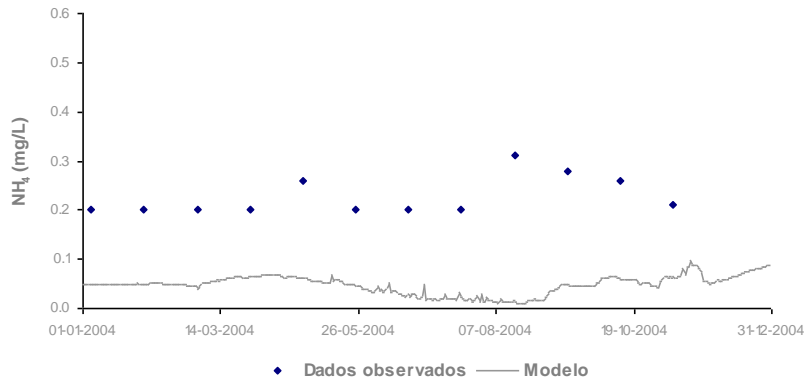


Figura 57. Série temporal – NH_4 – Alb. Aguieira (11H/05) – Rio Mondego

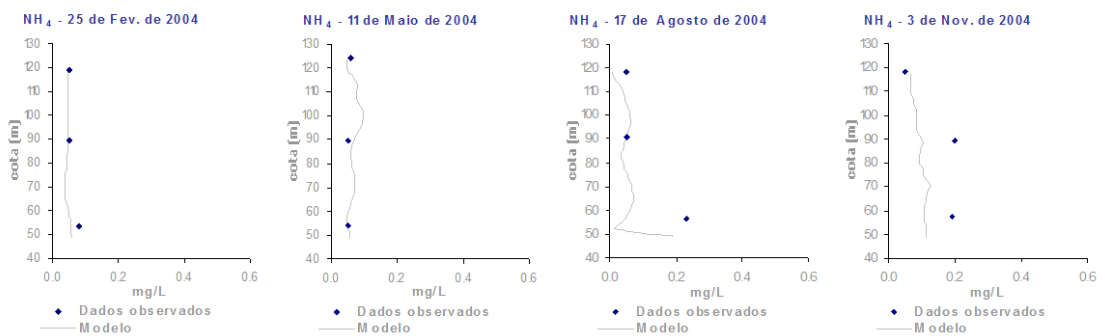


Figura 58. Perfis – NH_4 – 1.2 km a montante da barragem da Aguieira – Rio Mondego

7.4.7 Ortofosfatos

Os resultados obtidos para este parâmetro (P-PO_4), podem ser considerados globalmente satisfatórios apesar de se verificar que em algumas situações os valores de concentração de PO_4 obtidos com o modelo são superiores aos valores observados na massa de água (Figuras 59 a 62). Esta situação deverá resultar, mais uma vez, da limitada discretização dos valores de concentração considerados ao nível dos dados de entrada do modelo.

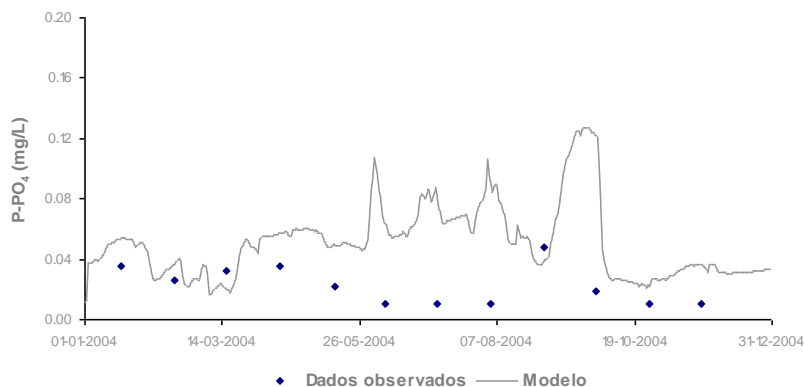


Figura 59. Série temporal – P-PO_4 – Santa Comba Dão (11I/11) – Rio Dão

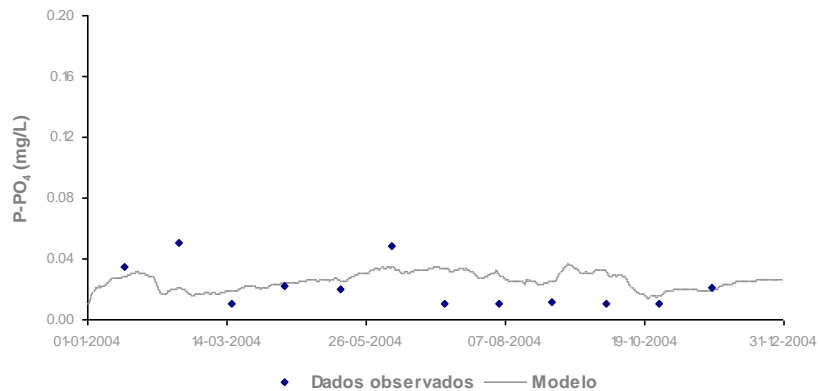


Figura 60. Série temporal – P-PO₄ – Pinheiro de Ázere (11I/10) – Rio Mondego

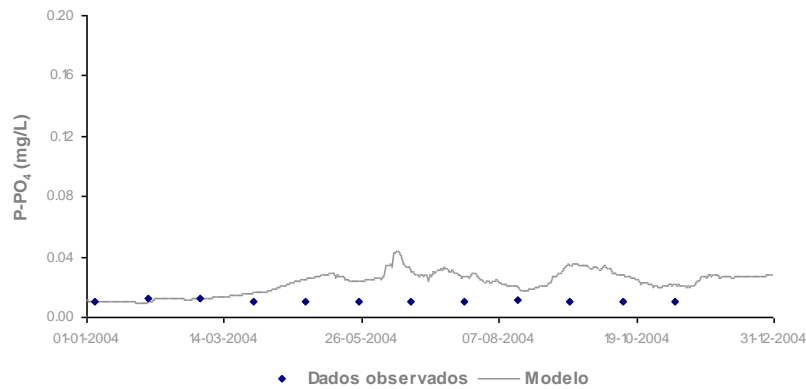


Figura 61. Série temporal – P-PO₄ – Alb. Agueira (11H/05) – Rio Mondego

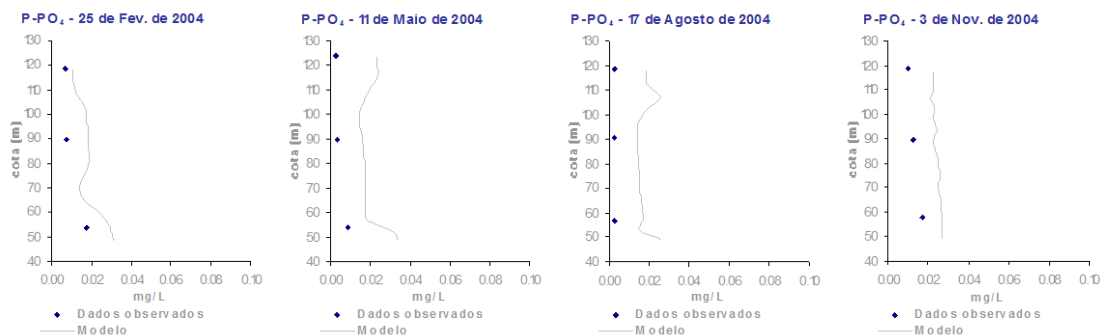


Figura 62. Perfis – P-PO₄ – 1.2 km a montante da barragem da Agueira – Rio Mondego

7.4.8 Biomassa algal

Os valores de concentração de biomassa algal observados na massa de água não são suficientes para uma correcta aferição dos resultados do modelo CE-QUAL-W2. De facto, não existem valores em número suficiente, que permitam caracterizar os meses mais quentes do ano, nos quais são expectáveis valores de concentração mais elevados para este parâmetro. No entanto, analisando os resultados obtidos com o modelo (Figuras 63 a 67), verifica-se que a evolução anual dos valores de concentração de biomassa algal corresponde ao que é expectável numa massa de água com estas

características, nomeadamente no que se refere aos aumentos pontuais da referida concentração deste parâmetro nos meses mais quentes do ano.

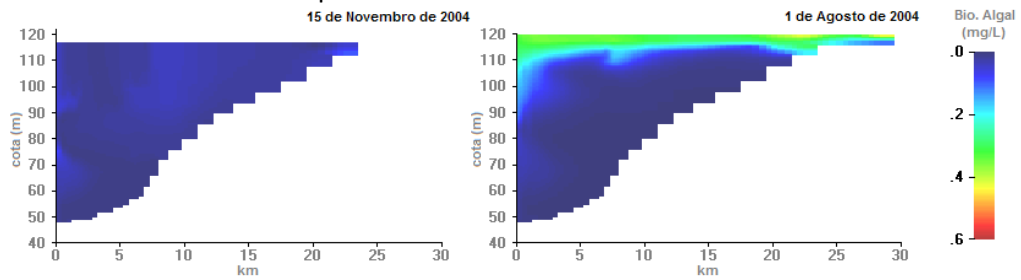


Figura 63. Concentração de Biomassa Algal na albufeira da Aguieira – Rio Mondego

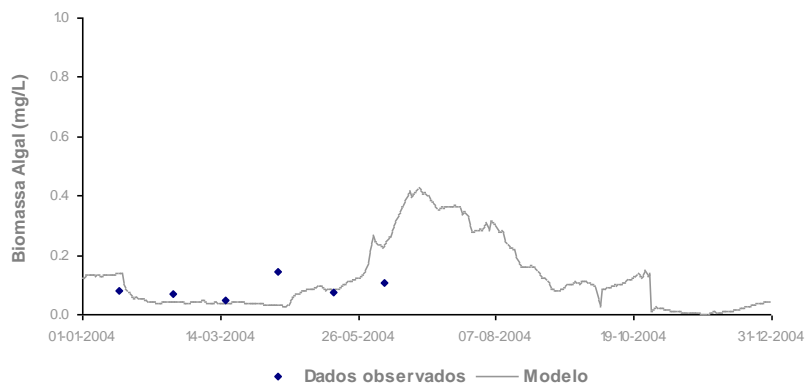


Figura 64. Série temporal – Biomassa. Algal – Santa Comba Dão (11/11) – Rio Dão

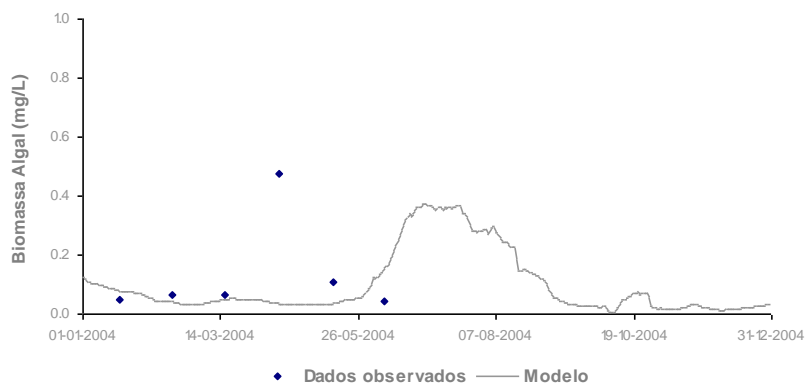


Figura 65. Série temporal – Biomassa. Algal – Pinheiro de Ázere (11/10) – Rio Mondego

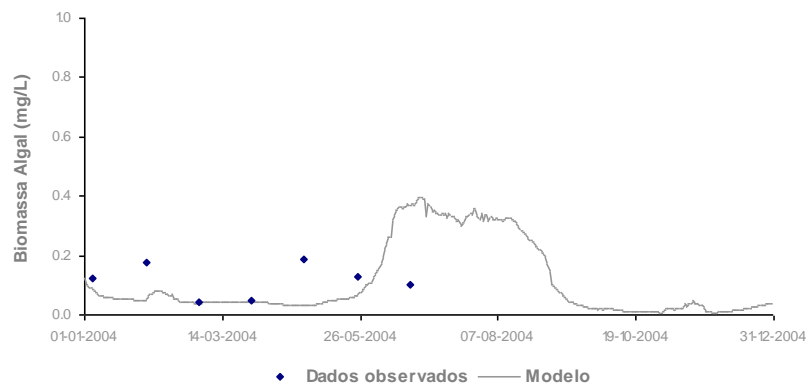


Figura 66. Série temporal – Biomassa Algal – Alb. Aguieira (11H/05) – Rio Mondego

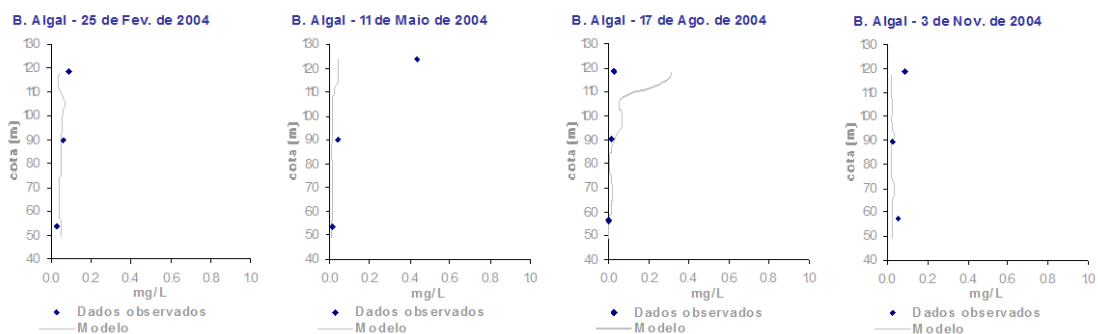


Figura 67. Perfis – Biomassa Algal – 1.2 km a montante da barragem da Aguieira – Rio Mondego

7.4.9 pH

A evolução anual dos valores de pH obtidos com o modelo representa satisfatoriamente a evolução verificada na massa de água. No entanto, deve referir-se que não se conseguiu reproduzir os elevados valores de pH que foram observados na albufeira da Aguieira nos meses mais quentes do ano de 2004 (Figuras 68 a 72).

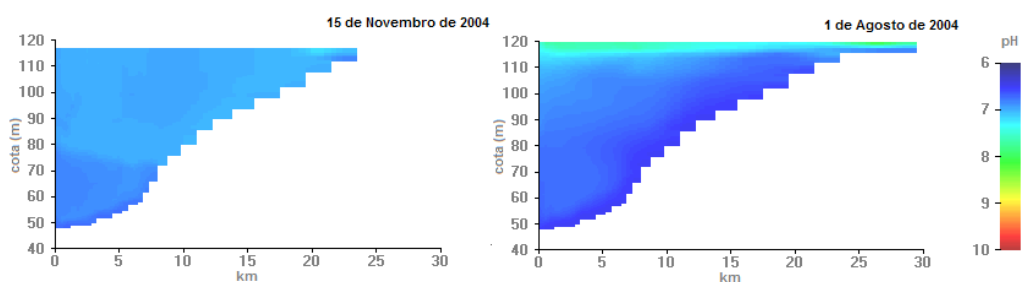


Figura 68. Teor de pH na albufeira da Aguieira – Rio Mondego

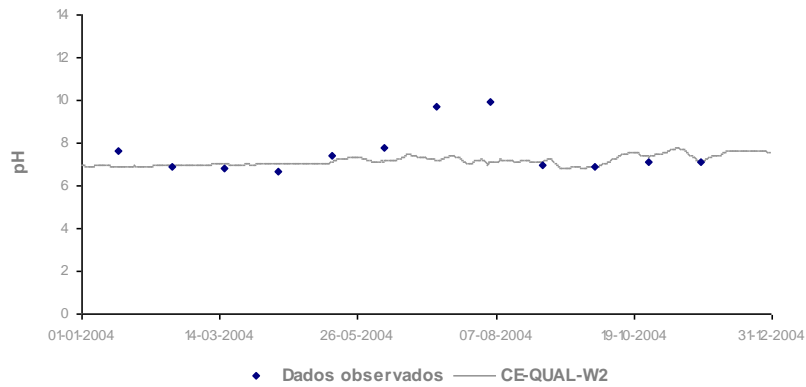


Figura 69. Série temporal – pH – Ponte São Jorge (11/12) – Rio Criz

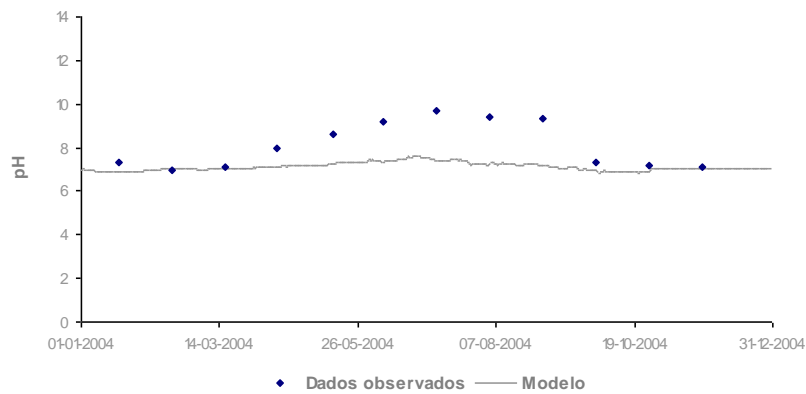


Figura 70. Série temporal – pH – Santa Comba Dão (11/11) – Rio Dão

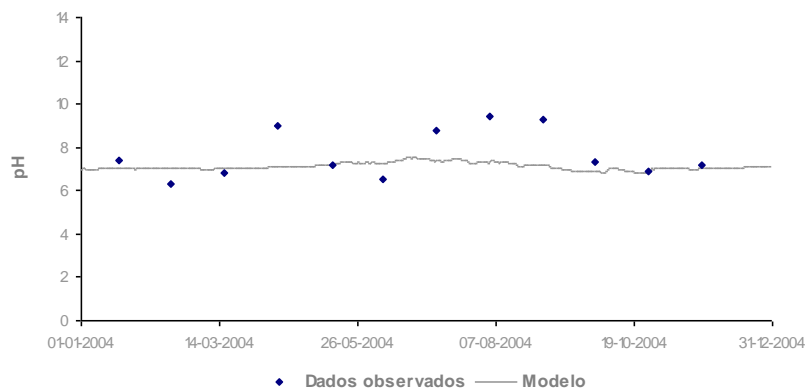


Figura 71. Série temporal – pH – Pinheiro de Ázere (11/10) – Rio Mondego

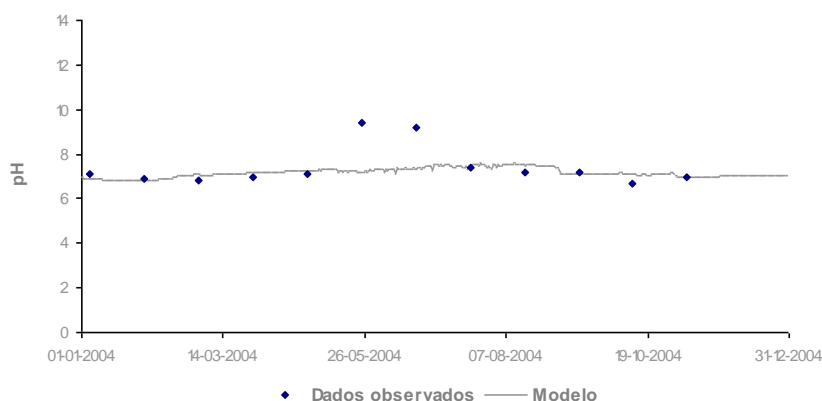


Figura 72. Série temporal – pH – Alb. Agueira (11H/05) – Rio Mondego

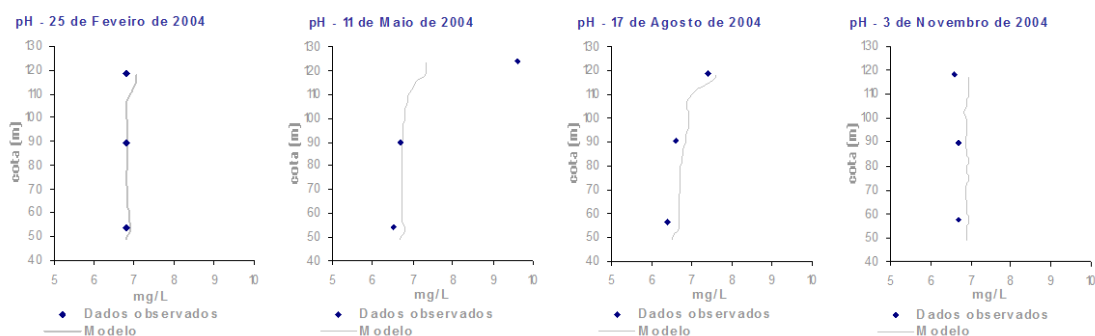


Figura 73. Perfis – pH – 1.2 km a montante da barragem da Agueira – Rio Mondego

7.4.10 Sólidos dissolvidos totais (SDT)

Relativamente aos SDT, verifica-se que os resultados obtidos com o modelo são muito satisfatórios, como se pode observar através da análise das Figuras 74 a 78. Apesar dos cenários de simulação não incluírem a avaliação deste parâmetro, deve referir-se que a aferição dos SDT é importante para que se simulem correctamente os ciclos dos nutrientes e dos restantes constituintes submetidos a modelação.

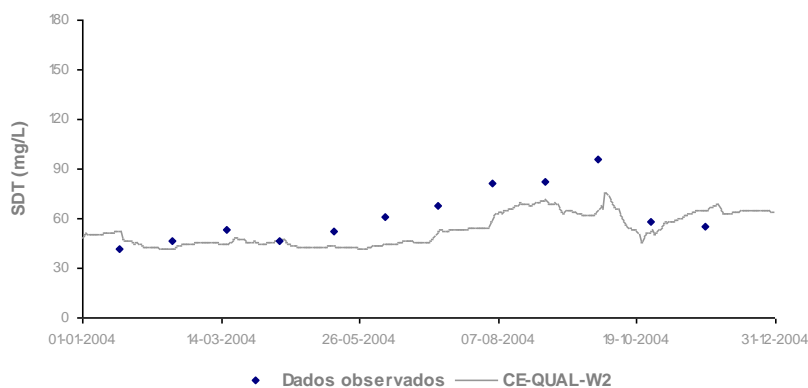


Figura 74. Série temporal – SDT – Ponte São Jorge (11/12) – Rio Criz

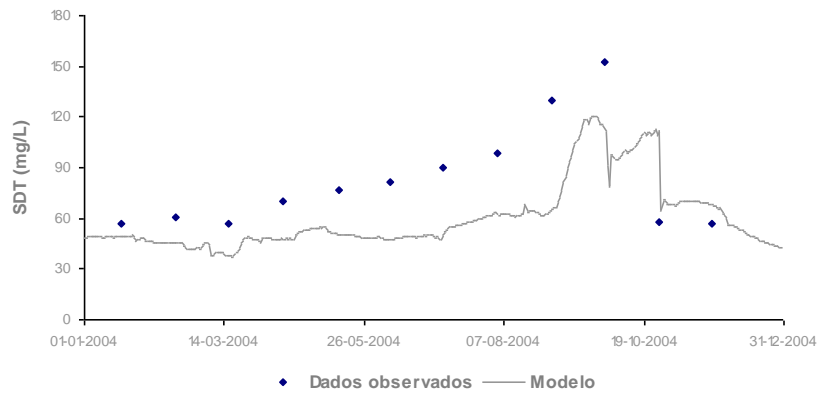


Figura 75. Série temporal – SDT – Santa Comba Dão (11I/11) – Rio Dão

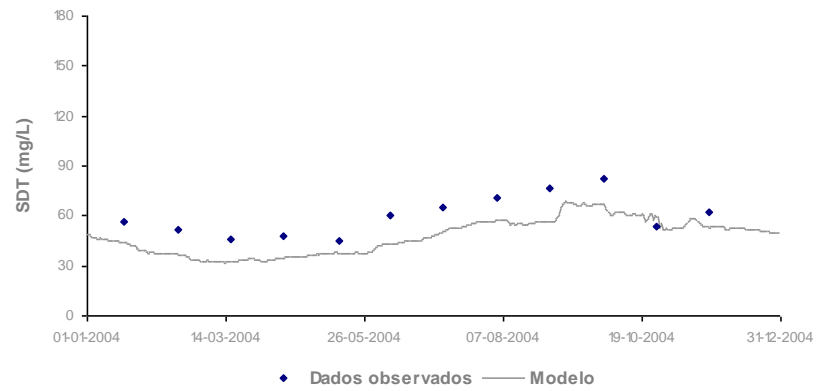


Figura 76. Série temporal – SDT – Pinheiro de Ázere (11I/10) – Rio Mondego

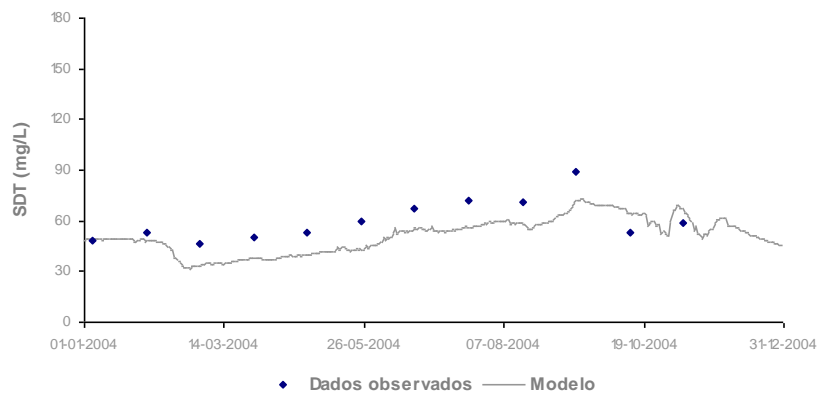


Figura 77. Série temporal – SDT – Alb. Agueira (11H/05) – Rio Mondego

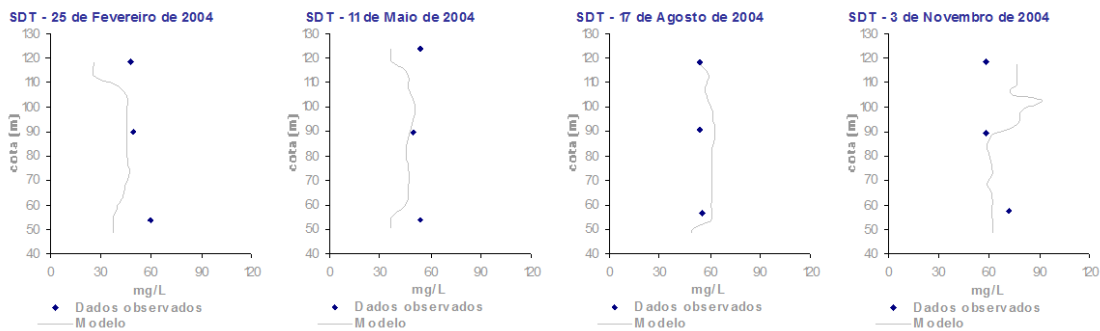
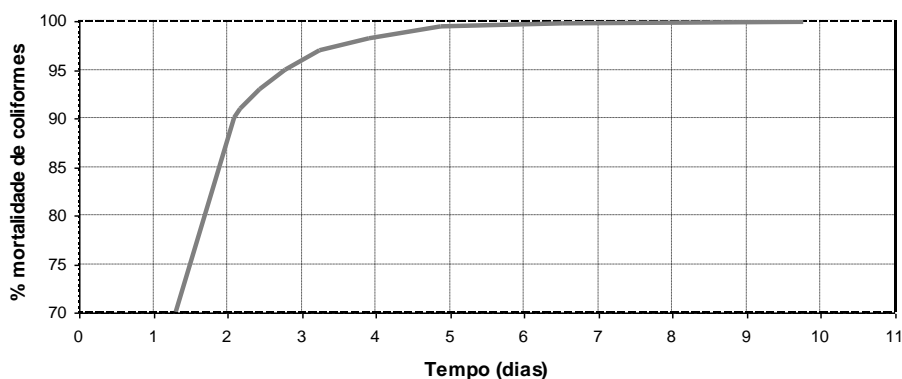


Figura 78. Perfis – SDT – 1.2 km a montante da barragem da Aguieira – Rio Mondego

7.4.11 Coliformes totais

A concentração de coliformes totais simulada pelo modelo CE-QUAL-W2 depende das taxas de decaimento e de deposição consideradas, bem como da temperatura da massa de água. As dificuldades encontradas na simulação dos coliformes totais resultam do facto de este constituinte estar associado a cargas pontuais e do seu reduzido tempo de vida (Figura 79), bem como da falta de dados de campo, tornando assim mais difícil prever a evolução da sua concentração na massa de água.

A análise das Figuras 80 a 83, permite verificar que o ajustamento obtido descreve, em termos médios, de forma relativamente satisfatória a evolução anual do teor de coliformes totais na massa de água. Deve salientar-se que os resultados de calibração obtidos permitem uma avaliação consistente do efeito na qualidade da massa de água, resultante da implementação dos cenários de simulação considerados. Apenas com dados de campo, que permitissem descrever as descargas pontuais de coliformes, seria possível que os resultados do modelo descrevessem o comportamento deste parâmetro com maior rigor.



Fonte: EPA - Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling (Second Edition) Junho, 1985

Figura 79. Taxa de mortalidade de coliformes em função do tempo.

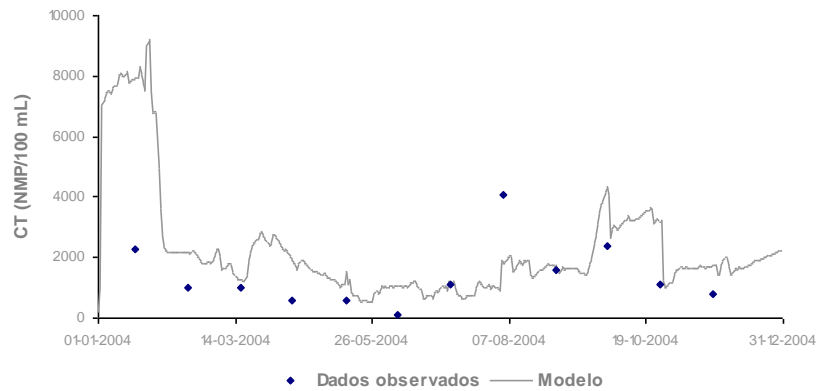


Figura 80. Série temporal – CT – Santa Comba Dão (11I/11) – Rio Dão

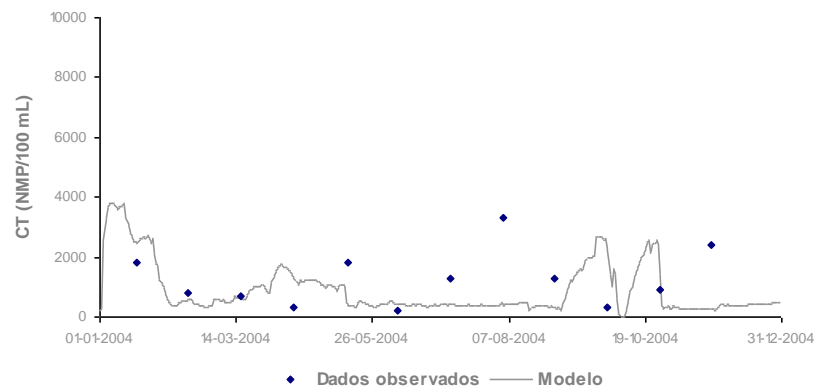


Figura 81. Série temporal – CT – Pinheiro de Ázere (11I/10) – Rio Mondego

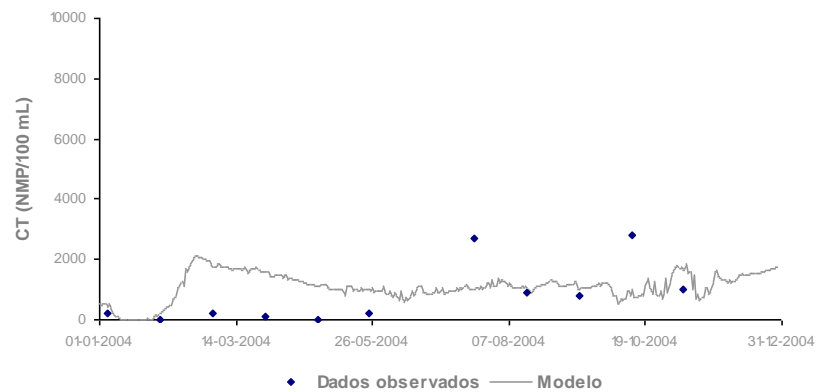


Figura 82. Série temporal – CT – Alb. Agueira (11H/05) – Rio Mondego

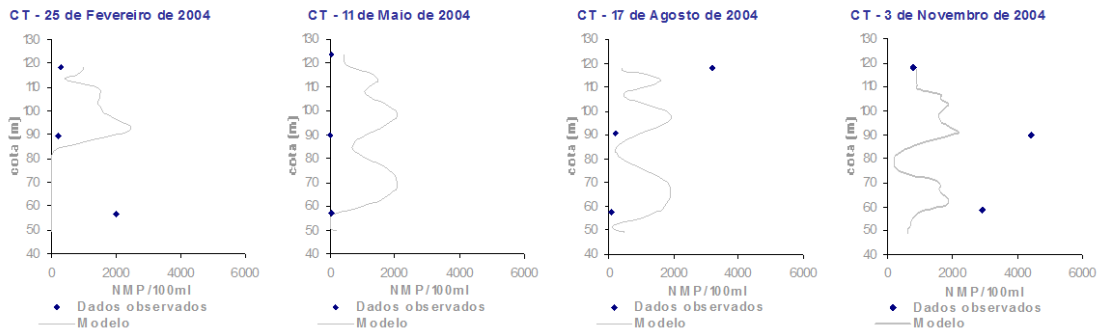


Figura 83. Perfis – CT – 1.2 km a montante da barragem da Aguieira – Rio Mondego

7.4.12 Coliformes fecais

Relativamente aos coliformes fecais, verifica-se que a análise dos resultados obtidos com a calibração deste parâmetro é análoga à anteriormente descrita para os coliformes totais. A análise das Figuras 84 a 87 permite verificar que o modelo descreve, em termos globais, de forma relativamente satisfatória, a evolução anual deste parâmetro.

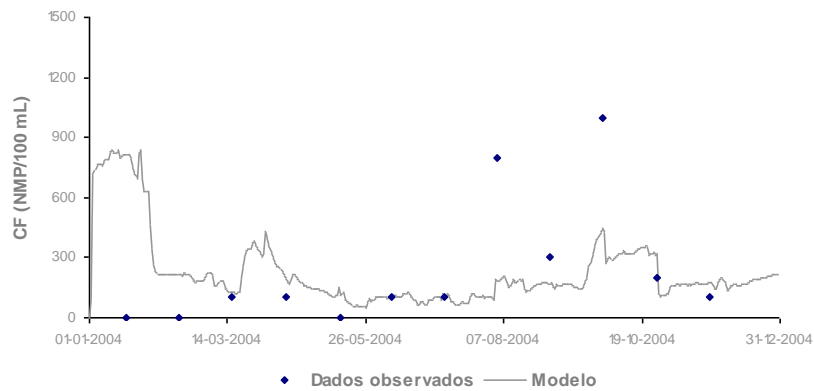


Figura 84. Série temporal – CF – Santa Comba Dão (11/11) – Rio Dão

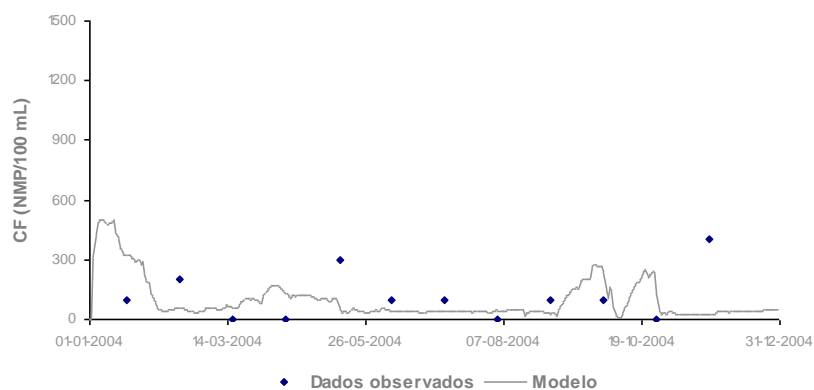


Figura 85. Série temporal – CF – Pinheiro de Ázere (11/10) – Rio Mondego

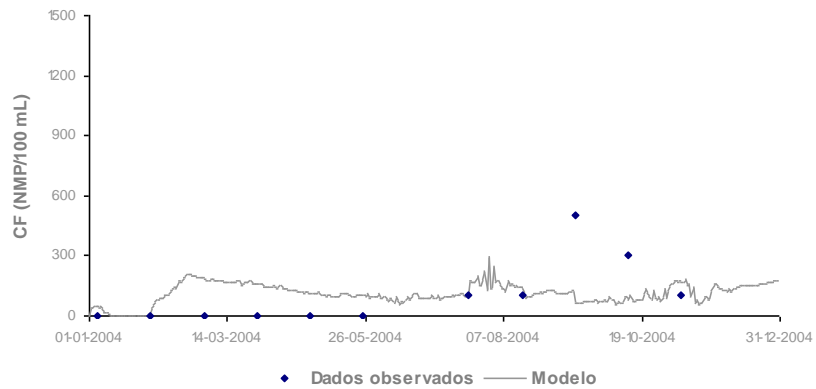


Figura 86. Série temporal – CF – Alb. Agueira (11H/05) – Rio Mondego

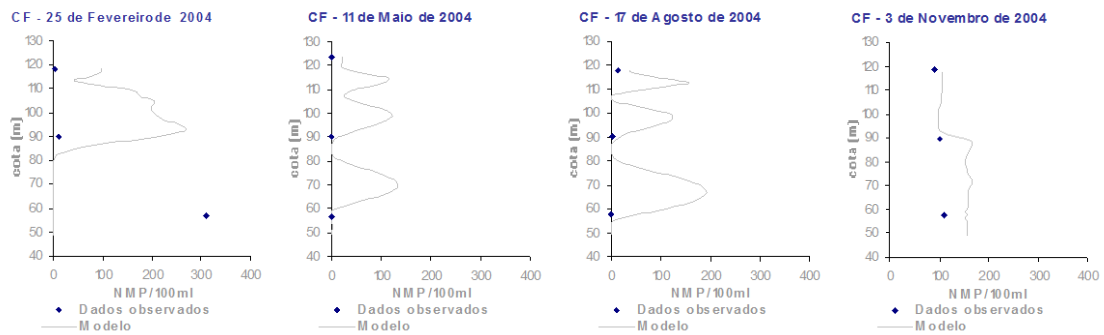


Figura 87. Perfis – CF – 1.2 km a montante da barragem da Agueira – Rio Mondego

8. CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

8.1 - Introdução

Face aos diplomas normativos que têm como objectivo promover a utilização sustentável da água, surge a necessidade de avaliar o efeito das medidas preconizadas nesses mesmos diplomas.

A aplicação do modelo CE-QUAL-W2 à albufeira da Aguieira permite analisar as potenciais alterações na qualidade da água, resultantes das previstas reduções de carga poluente afluente à massa de água, de acordo com as medidas preconizadas no POAA e no Plano de Bacia Hidrográfica (PBH) do rio Mondego.

8.2 - Definição dos cenários de simulação

A definição dos cenários de simulação teve como objectivo, em consonância com o anteriormente referido, avaliar os efeitos das reduções de carga poluente afluente à albufeira da Aguieira, resultante das medidas preconizadas pelo POAA e pelo PBH do rio Mondego.

Neste contexto, verifica-se que o regulamento do POAA define, entre outras, as seguintes regras para a utilização da albufeira e da zona envolvente:

Artigo 21.º - Saneamento Básico

1. *É interdita a rejeição de efluentes domésticos ou industriais não tratados na área de intervenção, sendo permitida a descarga de efluentes tratados apenas nas condições definidas no presente Regulamento.*
2. *As descargas de águas residuais urbanas provenientes de aglomerados com um e.p. inferior a 2000 na albufeira só poderão ser licenciadas quando se submetam a um tratamento secundário.*
3. *A descarga de águas residuais urbanas provenientes de aglomerados com um e.p. superior a 2000 só pode ser licenciada quando aquelas se submetam a um tratamento mais rigoroso que o mencionado no número anterior, nas condições a definir pela CCDR-C.*
4. *Para as descargas já existentes, as entidades públicas responsáveis deverão adoptar as medidas necessárias para que se cumpram as exigências estabelecidas nos números anteriores.*
5. *Para as restantes edificações existentes ou a construir na zona de protecção terrestre, não abrangidas pelos sistemas de recolha e tratamento das águas residuais definidos nos números 3 e 4, é obrigatório:*
 - a) *Para as edificações localizadas na envolvente próxima do plano de água, na faixa dos 150 metros de projecção horizontal contados a partir do nível pleno de armazenamento, a construção de fossas estanques com capacidade adequada e transporte posterior das águas residuais a destino final adequado;*
 - b) *Para as edificações localizadas na restante área de intervenção, a instalação de fossas estanques com capacidade adequada ou em alternativa a instalação de fossas sépticas associadas a órgãos complementares de infiltração ou de filtração, cujo dimensionamento terá*

de ser efectuado e licenciado caso a caso em função da realização de ensaios específicos de permeabilidade dos solos;

- c) No licenciamento das fossas estanques será obrigatoriamente definida a periodicidade da sua limpeza, que será determinada em função da sua capacidade e índice de ocupação das habitações que servem.
6. A verificação de situações de poluição da água da Albufeira ou dos seus afluentes originadas por contaminação de solos ou escorrências de águas residuais contaminadas com origem em fossas obriga à correcção imediata da situação pelo respectivo poluidor, sem prejuízo da aplicação das sanções previstas na lei.
7. A emissão de novas licenças de construção, e independentemente do uso associado, fica condicionada à existência de soluções que garantam o adequado tratamento das respectivas águas residuais, nos termos dos n.ºs 1 a 6 do presente artigo.
8. Nas zonas de recreio e lazer e nas zonas de desenvolvimento turístico, é obrigatório a construção de sistemas de recolha e tratamento de águas residuais, com tratamento tipo terciário, ou, em alternativa, a construção de fossas estanques nos termos definidos nos números anteriores.
9. O projecto para o campo de golfe mencionado na alínea c) do nº1 do artigo 33º do presente regulamento deverá comprovar que essa utilização não determina a contaminação do plano de água por nutrientes e produtos fitossanitários, quer por infiltração, quer por escoamento superficial devendo ainda assegurar a implementação de um sistema de drenagem que assegure a recolha destas águas, respectivo armazenamento e tratamento.

Assim os cenários de simulação foram desenvolvidos de forma a incluir as normas referidas anteriormente, definidas pelo regulamento do POAA.

Por outro lado o PBH do rio Mondego tem como objectivo implementar medidas de gestão da qualidade da água, que visam cumprir normas definidas pelos diplomas legais aplicáveis à bacia hidrográfica do rio Mondego. Assim, tornou-se necessário cumprir o disposto pelo Decreto-Lei n.º152/97 de 19 de Junho, aplicável à bacia hidrográfica em estudo, e que determina que até ao final do ano de 2000 todos os aglomerados com mais de 15 000 habitantes equivalentes devem dispor de sistemas de drenagem e tratamento, regra geral secundário, sendo que para sistemas de menor dimensão (2 000 – 15 000 hab. equi.) a data limite é 2005.

Com o objectivo de avaliar as regras e normas referidas, definiram-se os seguintes cenários de simulação:

Cenário 0 – caracteriza a situação de referência da massa de água, inerente ao ano civil de 2004. Corresponde, assim, ao cenário considerado ao nível do processo de calibração do modelo, descrito no Capítulo 7 do presente relatório.

Cenário 1 – refere-se à aplicação, em simultâneo, de todas as medidas de redução da afluência de cargas poluentes, referidas no regulamento do POAA, no seu artigo 21.º, relativo ao saneamento básico.

Cenário 1A – diverge do **Cenário 1**, porque se avaliou a alternativa proposta pelo regulamento que considera a instalação de fossas sépticas associadas a órgãos complementares de infiltração ou de filtração para as edificações localizadas na faixa localizada entre os 150 e os 500 m, contados em projecção horizontal a partir do NPA da albufeira.

Cenário 2 – foi definido para considerar as medidas de gestão da qualidade da água consignadas no PBH do rio Mondego, que implicam cumprir o disposto pelo Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de Junho, relativamente aos aglomerados populacionais que devem ser servidos por sistemas de drenagem e de tratamento de águas residuais.

Cenário 3 – representa a conjugação do **Cenário 1** com o **Cenário 2**.

Cenário 4 – definido com o objectivo de estabelecer a comparação entre os efeitos na qualidade da água da albufeira da Aguieira dos empreendimentos turísticos previstos no POAA e os que se encontravam previstos no PROZAG.

Cenário 5 – tem como objectivo avaliar o impacte, na qualidade da água da albufeira da Aguieira, resultante da descarga das águas residuais dos sistemas de tratamento localizados na área de intervenção do POAA e na área adjacente à mesma.

Cenário 6 – tem como objectivo avaliar o efeito da carga difusa de origem agrícola e florestal, gerada na área de intervenção, que drena para a albufeira da Aguieira.

Cenário 7 – representa o efeito do eventual tratamento terciário de todas as descargas de águas residuais urbanas geradas na bacia hidrográfica dominada pela barragem da Aguieira.

8.3 - Integração dos cenários de simulação no modelo CE-QUAL-W2

Nesta secção, descreve-se o processo de integração dos cenários de simulação definidos, no modelo CE-QUAL-W2.

O **Cenário 0** considera a situação de referência da massa de água, caracterizada pelos dados de qualidade observados na albufeira e pela afluência das cargas poluentes geradas na área de intervenção do POAA, descritas anteriormente na secção 6.4.

A aplicação do **Cenário 1** implica a redução de cargas poluentes geradas pelas edificações isoladas e pelos aglomerados localizados parcialmente e totalmente na área de intervenção do POAA.

O regulamento do POAA refere que as edificações localizadas na envolvente próxima do plano de água, na faixa dos 500 metros em projecção horizontal contados a partir do NPA, deverão ter como sistemas de tratamento fossas estanques com capacidade adequada e transporte posterior das águas residuais a destino final adequado.

Assim, na definição do **Cenário 1**, removeram-se 100% das cargas de CBO_5 , NH_4 , PO_4 e de coliformes fecais e totais de origem tónica urbana, geradas pelas edificações localizadas na área de intervenção do POAA. Avaliou-se, também, a alternativa proposta pelo regulamento, que considera a instalação de fossas sépticas associadas a órgãos complementares de infiltração ou de filtração para as

edificações localizadas na faixa localizada entre os 150 e os 500 m, contados em projecção horizontal a partir do NPA da albufeira, e que será considerada pelo **Cenário 1A**.

As eficiências de tratamento consideradas são idênticas às referidas no Quadro 14, relativamente à eficiência de remoção associada a uma fossa séptica com filtro de areia enterrado.

Em simultâneo, considerou-se também o tratamento secundário de todas as descargas poluentes geradas pelos aglomerados, com menos de 2000 e.p., totalmente e parcialmente incluídos na área de intervenção e o tratamento terciário das cargas de CBO_5 , NH_4 , $N-NO_x$, PO_4 e de coliformes fecais e totais gerados pelos dois empreendimentos turísticos actualmente em actividade na área de intervenção do POAA.

O **Cenário 2** foi definido de forma a incluir as medidas de gestão da qualidade da água consignadas no PBH do rio Mondego, que incluem cumprir o disposto pelo Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de Junho, que determina que todos os aglomerados devem dispor de sistemas de drenagem e tratamento, regra geral secundário.

A metodologia definida para a implementação do **Cenário 2** baseia-se na determinação de uma percentagem de remoção da carga de CBO_5 e de coliformes totais e fecais, afluente à massa de água através dos rios Mondego, Dão e Criz, que considere os níveis de atendimento por redes de drenagem e as eficiências de tratamento, por concelho. A área drenante a cada uma das linhas de água, 1), 2) e 3), onde são geradas as cargas poluentes consideradas na definição deste cenário, pode ser observada na Figura 88.

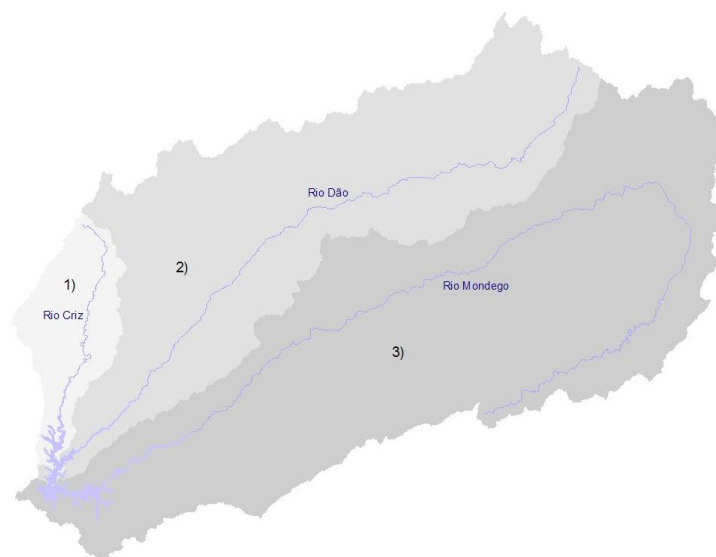


Figura 88. Áreas consideradas na avaliação da carga poluente total da CBO_5 que afluem à albufeira da Aguieira

Como a carga de CBO_5 gerada em cada uma das áreas drenantes é caracterizada por três valores de concentração afluente mensal, que inclui todas as fontes de poluição tóxicas e difusas, associadas a cada uma das três linhas de água, foi necessário estimar qual a percentagem de concentração de origem urbana, na concentração total afluente à massa de água.

A análise realizada baseou-se na estimativa das cargas poluentes de origem urbana, industrial (na qual se inclui a pecuária), agrícola e florestal.

As cargas poluentes de origem urbana e industrial foram obtidas no relatório que inclui os estudos de base do POAA (Estudos de base – POAA, 2005), tendo sido distribuídas, de acordo com o concelho onde se localizam, pela área drenante a cada uma das linhas de água consideradas.

Para a determinação da percentagem de remoção final de CBO_5 (Quadro 25), utilizaram-se os valores relativos aos níveis de atendimento por redes de drenagem e as eficiências de tratamento, por concelho, que constam do Plano Nacional da Água (PNA) (MAOT/INAG, 2000). Simultaneamente, determinaram-se as percentagens de remoção de N_{total} e P_{total} (Quadros 26 e 27) que foram posteriormente utilizadas para a definição do **Cenário 7**, que tem como base o tratamento terciário de todas as descargas de águas residuais urbanas geradas na bacia hidrográfica dominada pela barragem da Aguieira.

Como não se dispunha de dados relativos à eficiência de remoção de coliformes totais e fecais por concelho, e como a percentagem de remoção associada ao tratamento secundário de uma água residual deve, no caso de o sistema funcionar correctamente, variar entre os 90% e os 99%, admitiu-se que a percentagem de remoção nas aflúências mensais deste constituinte à albufeira da Aguieira seria de 99%.

Quadro 25. Percentagem da carga da CBO_5 na carga total afluente à albufeira da Aguieira

Origem da carga poluente de N_{total}	Área drenante total do rio Mondego*	Área 3) Rio Mondego	Área 2) Rio Dão	Área 1) Rio Criz
Urbana	56	66	61	41
Industrial	39	15	7	40
Pecuária	5	19	32	49
Agrícola e florestal	-	-	-	-

* Valores percentuais obtidos com base nos valores de carga poluente incluídos no PBH do rio Mondego

Quadro 26. Percentagem da carga de N_{total} na carga total afluente à albufeira da Aguieira

Origem da carga poluente de N_{total}	Área drenante total do rio Mondego*	Área 3) Rio Mondego	Área 2) Rio Dão	Área 1) Rio Criz
Urbana	82	53	57	59
Industrial	-	-	-	-
Pecuária	8	2	9	9
Agrícola e florestal	9	45	35	32

* Valores percentuais obtidos com base nos valores de carga poluente incluídos no PBH do rio Mondego

Quadro 27. Percentagem da carga de P_{total} na carga total afluenta à albufeira da Aguieira

Origem da carga poluente de N total	Área drenante total do rio Mondego*	Área 3) Rio Mondego	Área 2) Rio Dão	Área 1) Rio Criz
Urbana	77	74	71	73
Industrial	-	-	-	-
Pecuária	14	4	13	13
Agrícola e florestal	9	23	16	15

* Valores percentuais obtidos com base nos valores de carga poluente incluídos no PBH do rio Mondego

O **Cenário 3** foi definido, através da conjugação do **Cenário 1** e do **Cenário 2**, de acordo com o anteriormente referido.

Com a implementação do **Cenário 4**, pretendeu-se avaliar, comparativamente, o potencial efeito na qualidade da água da albufeira da Aguieira das descargas poluentes geradas pelos empreendimentos turísticos cuja construção está prevista no POAA e estava previsto no PROZAG. O cenário definido considera o tratamento terciário das descargas realizadas pelos empreendimentos turísticos, e que estes se encontram com a taxa de ocupação máxima.

O número de camas disponíveis por empreendimento turístico foi obtido num relatório específico, relativo à capacidade de carga de empreendimentos turísticos na área do POAA, disponibilizado pelo INAG.

O **Cenário 5** foi definido para se avaliar o potencial efeito na qualidade da água das descargas de águas residuais dos sistemas de tratamento localizados na área de intervenção do POAA e na área adjacente localizado a jusante das estações de qualidade da água (Figura 89), utilizadas para caracterizar a qualidade das afluições à albufeira da Aguieira.

Como não são conhecidas as eficiências de remoção reais dos sistemas de tratamento, não é possível avaliar se estes cumprem os requisitos para as descargas das ETAR's urbanas sujeitas ao disposto nos artigos 5.º e 6.º do Decreto Lei n.º 152/97 de 19 de Junho (Quadro 28). Assim, optou-se por assumir um cenário hipotético, que considera a anulação das descargas residuais associadas a estes sistemas.

Quadro 28. Requisitos para as descargas das ETAR's urbanas sujeitas ao disposto nos artigos 5.º e 6.º do Decreto - Lei n.º 152/97 de 19 de Junho

Parâmetro	Concentração (mg/L)	Percentagem mínima de remoção (%)
CBO ₅	25	70 - 90
CQO	125	75
SST	35	70 - 90

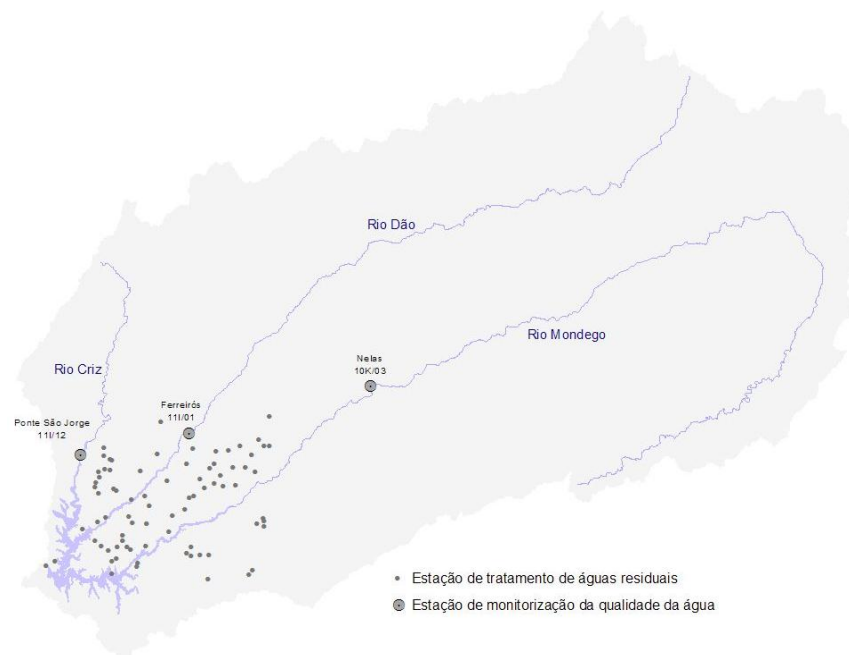


Figura 89. Sistemas de tratamento localizados na área de intervenção do POAA e nas áreas adjacentes

Os restantes cenários de simulação, **Cenário 6** e **Cenário 7** foram definidos para que a caracterização dos potenciais efeitos de cargas poluentes afluentes à albufeira da Aguieira fosse a mais completa possível. Assim, deve referir-se que a redução da totalidade da carga difusa de origem agrícola e florestal gerada na área de intervenção do POAA, definida pelo **Cenário 6** não resulta de uma imposição legal. O mesmo se pode referir relativamente ao tratamento terciário de todas as descargas de águas residuais urbanas geradas na bacia hidrográfica da albufeira da Aguieira contemplado no **Cenário 7**. As eficiências de tratamento que foram associadas ao eventual tratamento terciário das águas residuais encontram-se descritas no Quadro 5, apresentado na secção 6.5.

9. RESULTADOS OBTIDOS

9.1 - Introdução

Os resultados obtidos com os diferentes cenários de simulação são apresentados nas secções seguintes, sob a forma de gráficos, que reflectem a concentração média de cada um dos constituintes na albufeira da Aguieira, com a excepção dos coliformes totais e fecais.

Relativamente a estes dois parâmetros, são apresentadas séries temporais obtidas a 2 metros de profundidade nas secções definidas pelas zonas balneares de Tábua e Senhora da Ribeira, ambas localizadas a cerca de 9 km a montante da barragem da Aguieira, no rio Mondego, e pela zona balnear de Valongo/Breda, localizada no rio Criz, a cerca de 4 km da confluência deste rio com o rio Dão.

As zonas balneares de Tábua e Senhora da Ribeira localizam-se na mesma secção da albufeira, mas em margens distintas, pelo que apenas se apresenta uma série temporal obtida nessa secção para caracterizar as duas zonas balneares.

Excepcionalmente, são apresentadas séries temporais destinadas a evidenciar situações pontuais que se considerem relevantes para a análise a realizar.

9.2 - Cenário 1 / Cenário 1A

A análise realizada permitiu concluir, tal como seria expectável e tendo em atenção o reduzido número de habitações isoladas existentes na área de intervenção do POAA, que não existem diferenças significativas entre o tipo de tratamento considerado pelos **Cenários 1 e 1A** (figuras 90 a 99). De facto, apenas seriam esperadas diferenças se a carga poluente diminuísse significativamente.

Verifica-se, também, que as reduções de carga poluente, resultantes do preconizado no regulamento do POAA apenas são significativas relativamente aos coliformes totais e fecais (figuras 96 a 99). Esta situação resulta do facto de a carga poluente gerada na área de intervenção do POAA ser de reduzida expressão, não sendo assim muito evidente a sua diminuição em termos médios, à excepção do que se passa relativamente aos parâmetros atrás referidos.

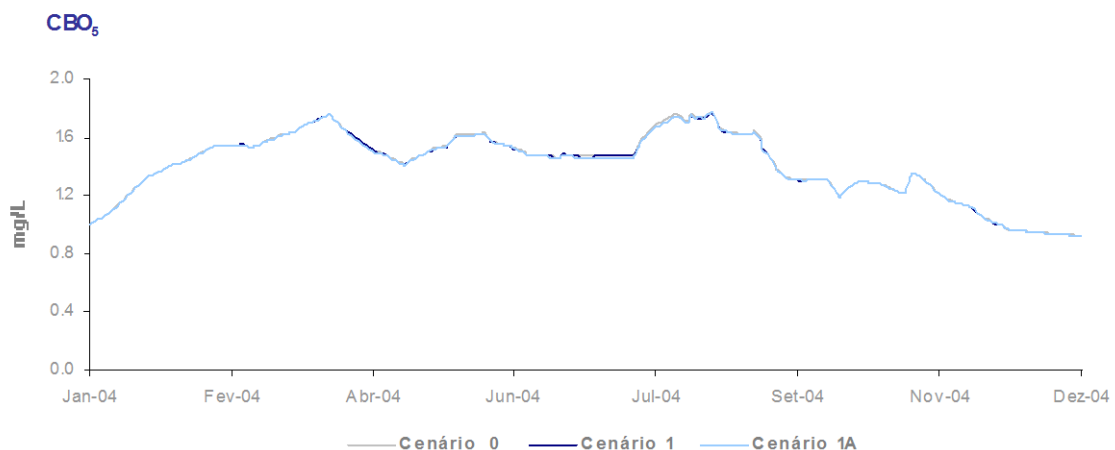


Figura 90. Variação média da CBO₅ na albufeira da Aguieira – **Cenário 1/Cenário 1A**

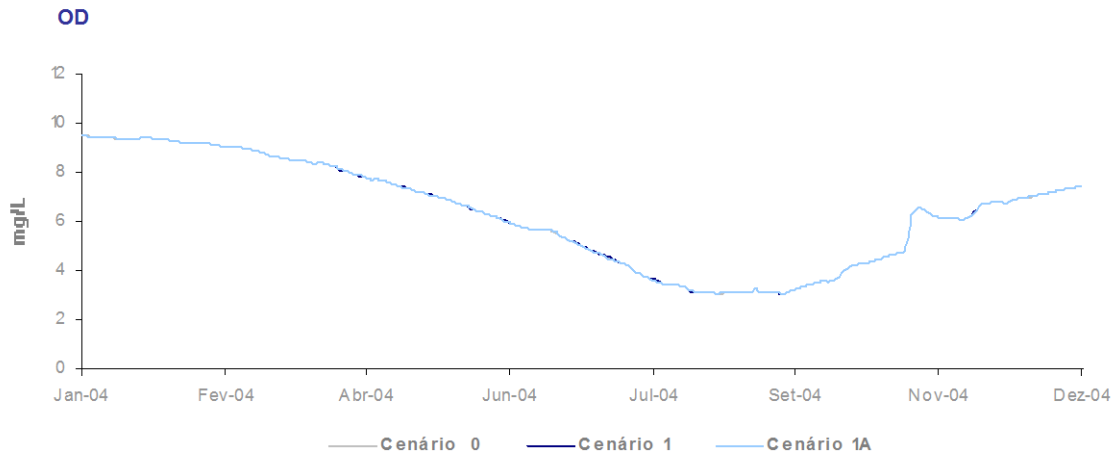


Figura 91. Variação média de OD na albufeira da Aguieira – **Cenário 1/ Cenário 1A**

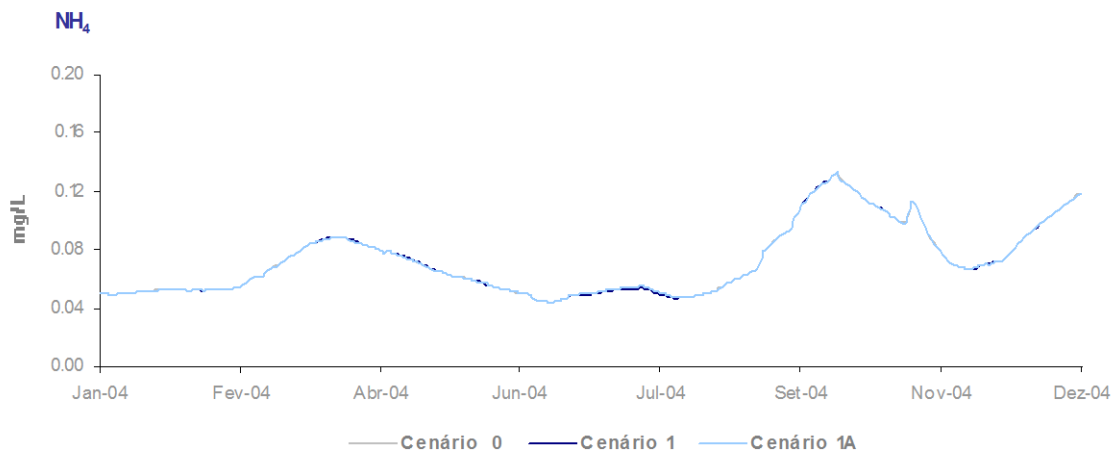


Figura 92. Variação média de NH₄ na albufeira da Aguieira – **Cenário 1/ Cenário 1A**

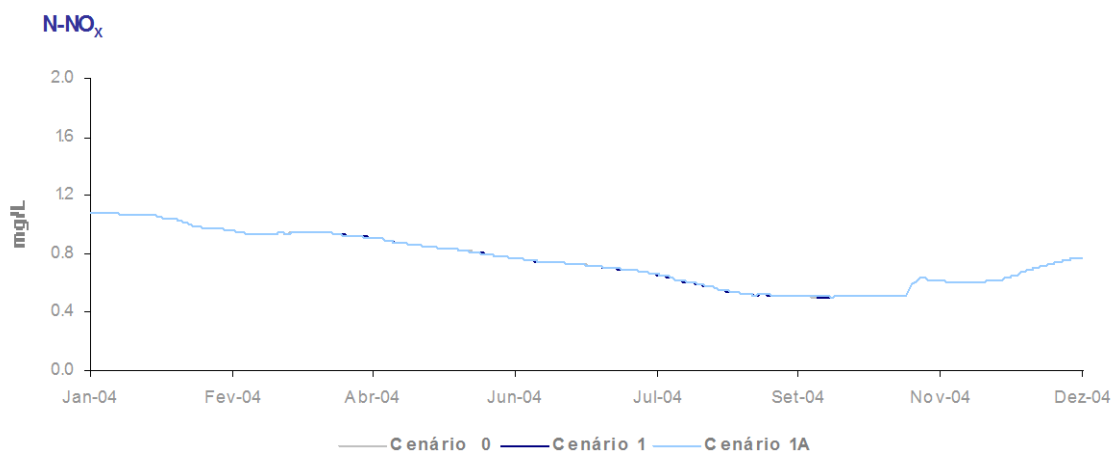


Figura 93. Variação média de N-NO_x na albufeira da Aguieira – **Cenário 1/ Cenário 1A**

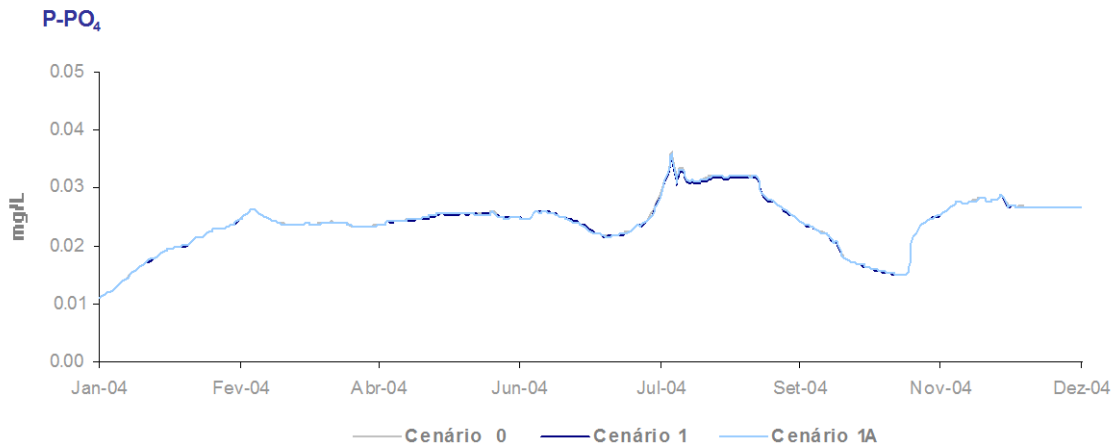


Figura 94. Variação média de P-PO₄ na albufeira da Aguieira – **Cenário 1/ Cenário 1A**

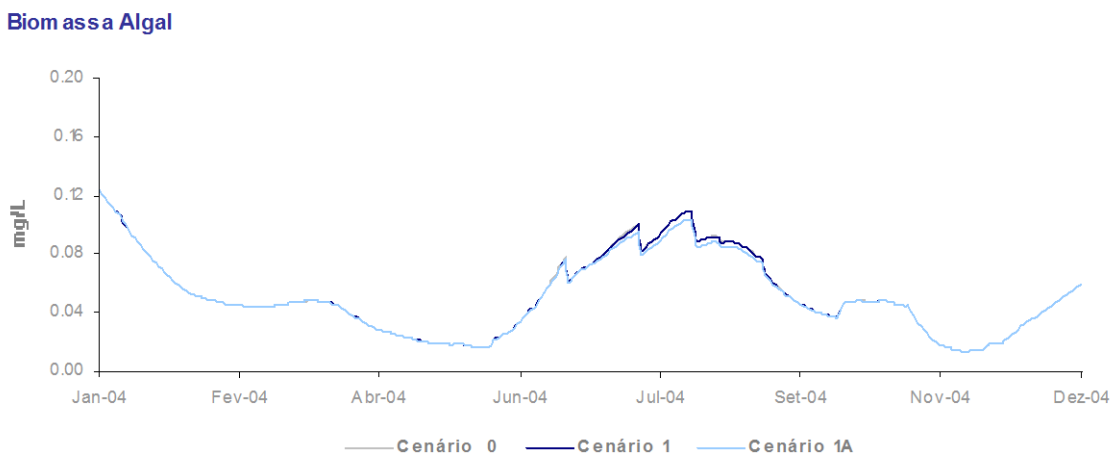


Figura 95. Variação média de Bio. Algal na albufeira da Aguieira – **Cenário 1/ Cenário 1A**

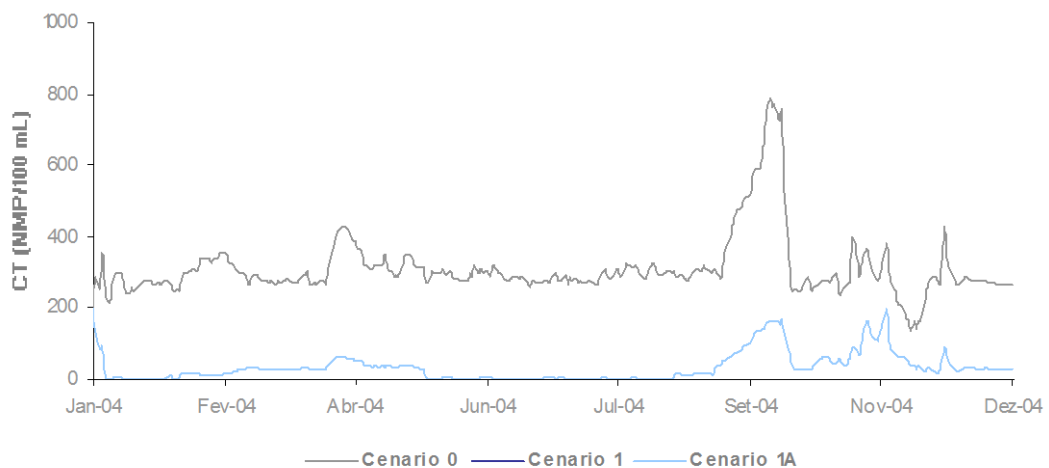


Figura 96. Série temporal de CT – Zona balnear – Tábua/Srª da Ribeira – **Cenário 1/ Cenário 1A**

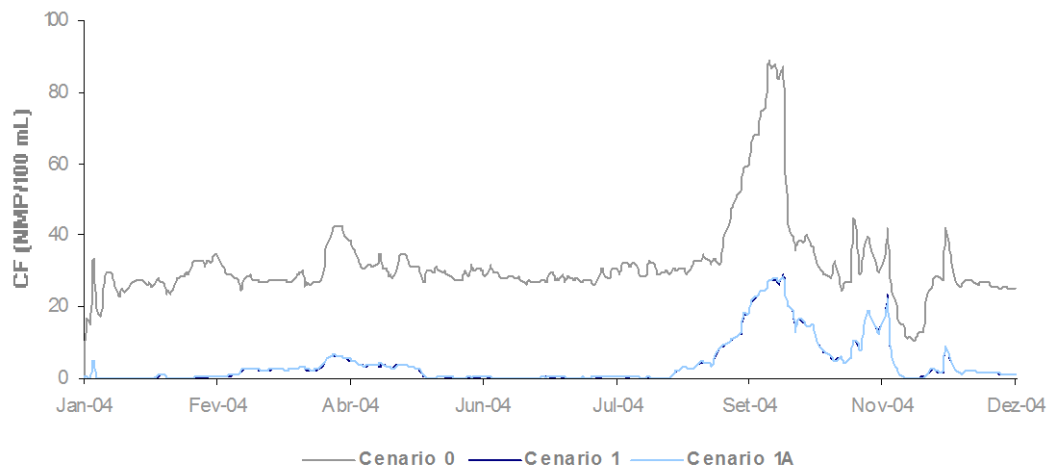


Figura 97. Série temporal de CF – Zona balnear – Tábua/Srª da Ribeira – **Cenário 1/ Cenário 1A**

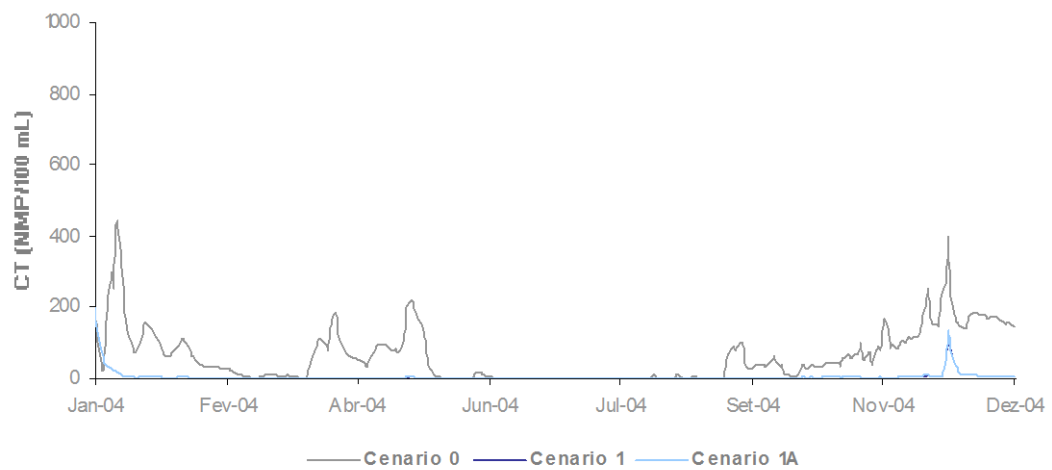


Figura 98. Série temporal de CT – Zona balnear – Valongo/Breda – **Cenário 1/ Cenário 1A**

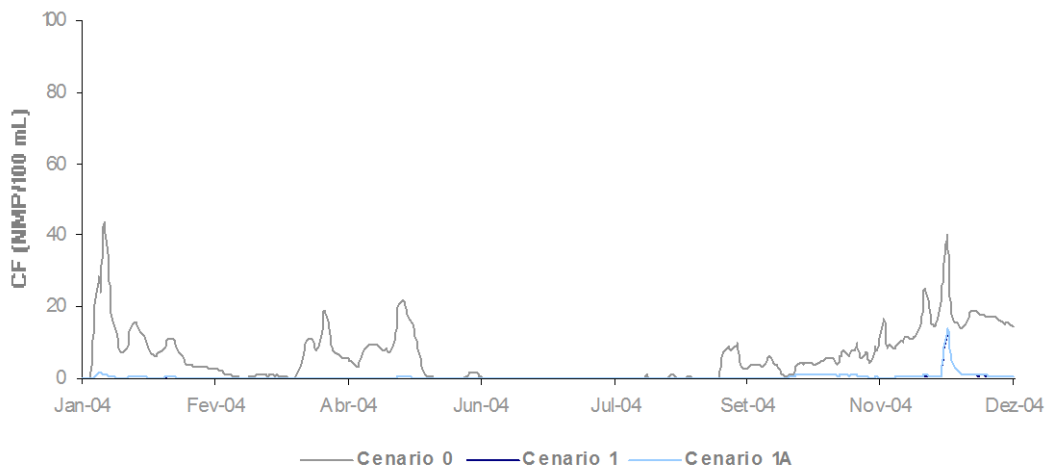


Figura 99. Série temporal de CF – Zona balnear – Valongo/Breda – **Cenário 1/ Cenário 1A**

9.3 - Cenário 2

Relativamente à implementação do **Cenário 2**, verifica-se que a redução de carga poluente determinada pelo tratamento secundário das águas residuais geradas por todos os aglomerados populacionais localizados na bacia hidrográfica dominada pela barragem da Aguieira, configurou uma melhoria sensível relativamente à concentração de todos os constituintes simulados (Figuras 100 a 109), com destaque para a CBO_5 .

No entanto, relativamente aos coliformes totais e fecais, verifica-se que a redução de carga destes constituintes ao nível da bacia hidrográfica não determina uma melhoria significativa da qualidade da água da albufeira, nomeadamente quando comparada com o que é determinado pela consideração dos **Cenários 1 e 1A**. Esta situação resulta, no essencial, da elevada taxa de decaimento associada a estes parâmetros.

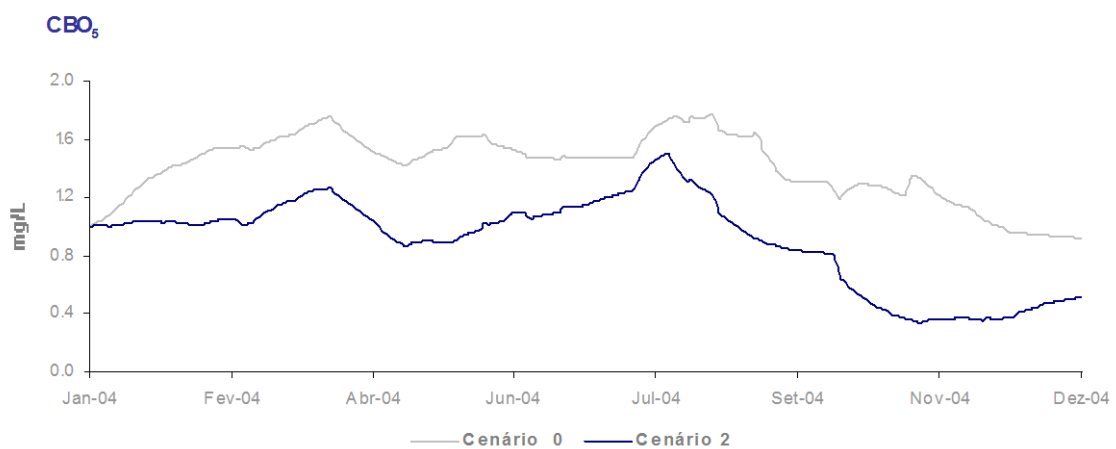


Figura 100. Variação média da CBO_5 na albufeira da Aguieira – **Cenário 2**

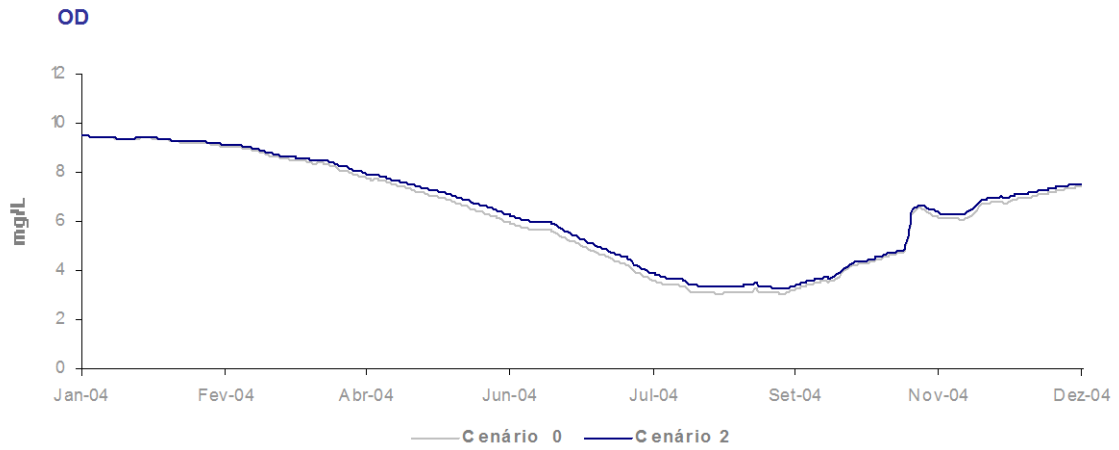


Figura 101. Variação média de OD na albufeira da Aguieira – Cenário 2

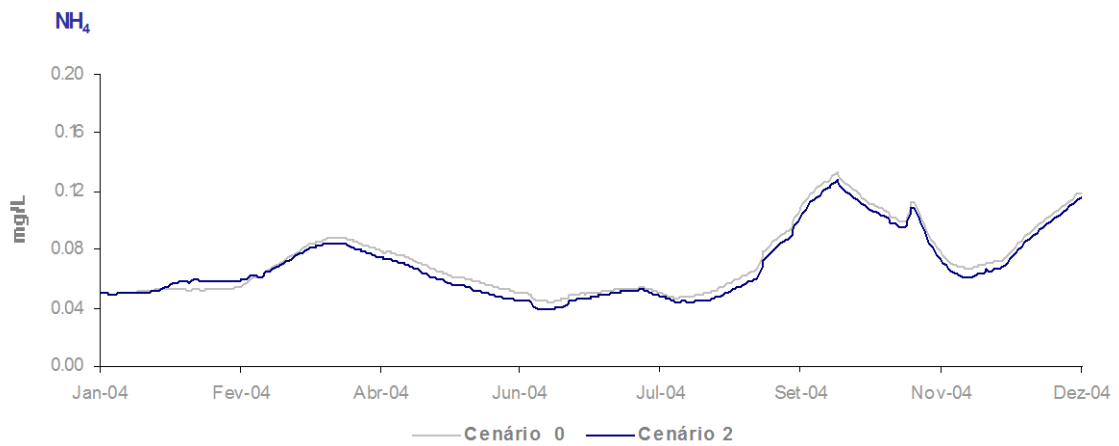


Figura 102. Variação média de NH₄ na albufeira da Aguieira – Cenário 2

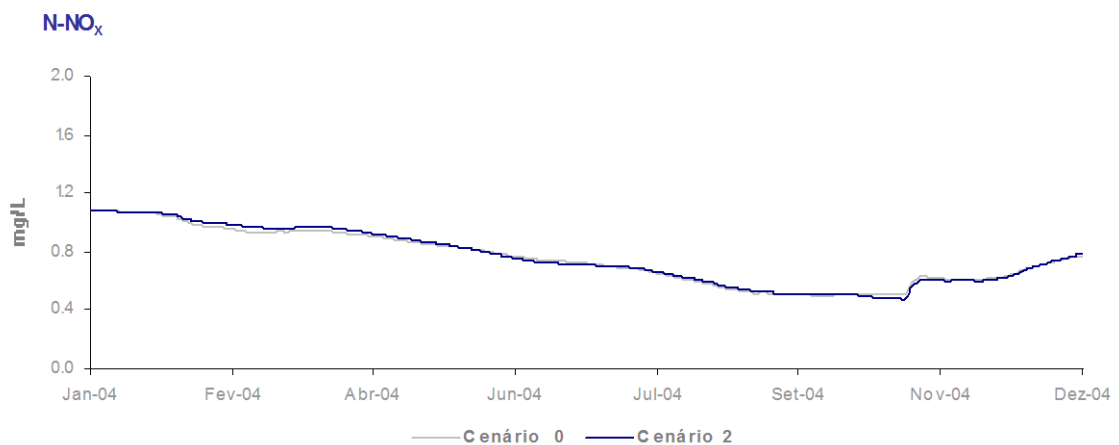


Figura 103. Variação média de N-NO_x na albufeira da Aguieira – Cenário 2

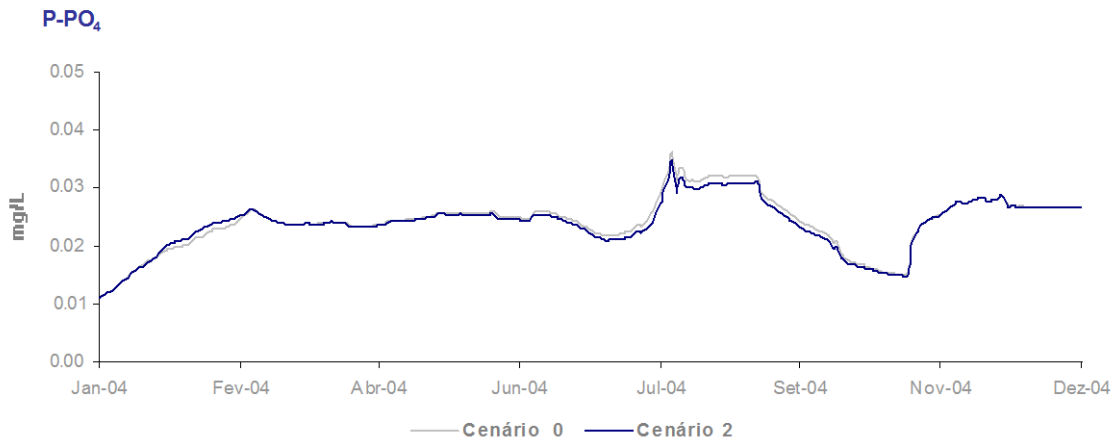


Figura 104. Variação média de P-PO₄ na albufeira da Aguieira – Cenário 2

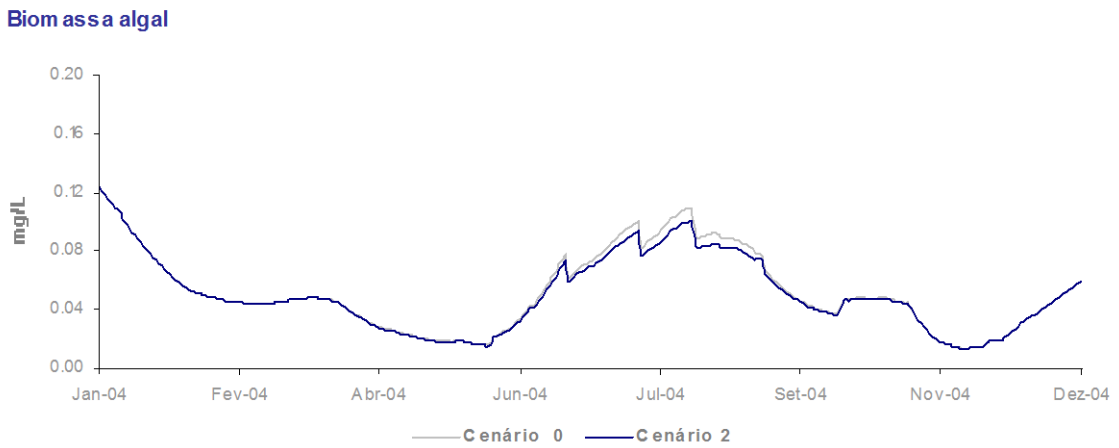


Figura 105. Variação média de Bio. Algal na albufeira da Aguieira – Cenário 2

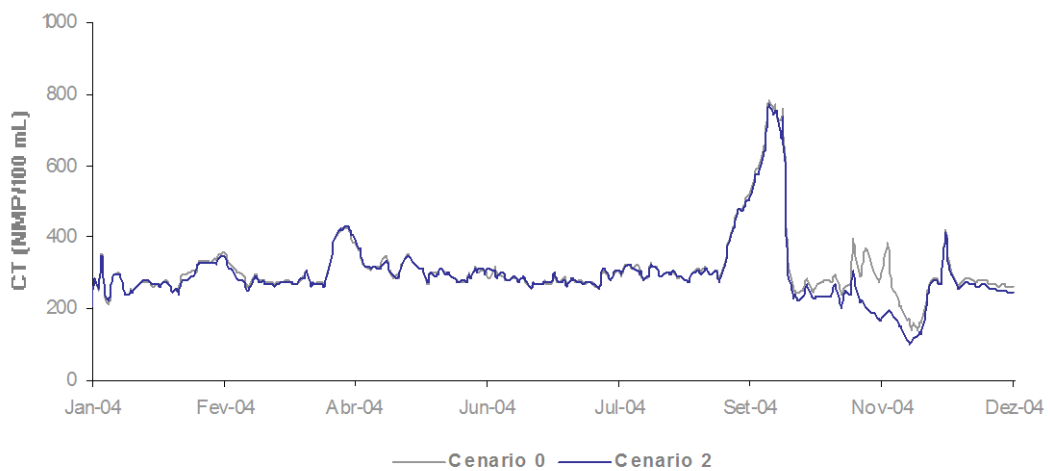


Figura 106. Série temporal de CT – Zona balnear – Tábua/Srª da Ribeira – Cenário 2

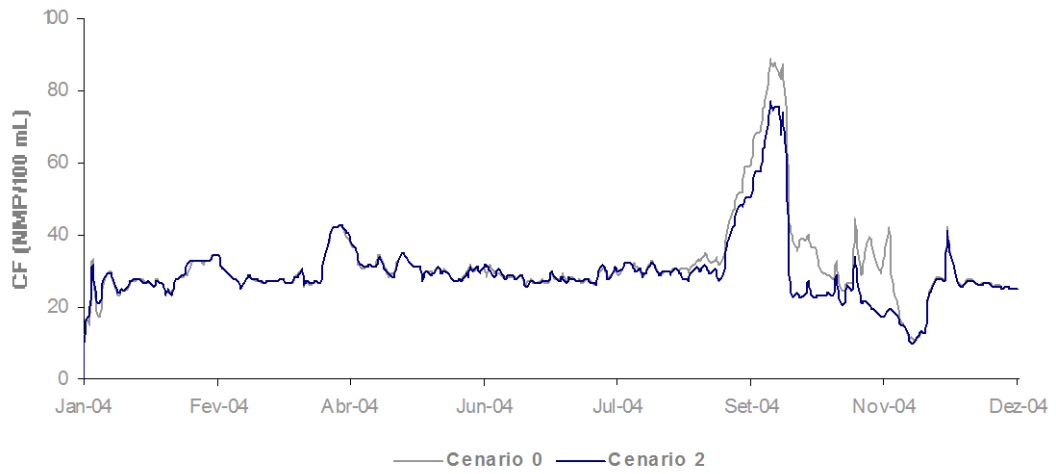


Figura 107. Série temporal de CF – Zona balnear – Tábua/Srª da Ribeira – **Cenário 2**

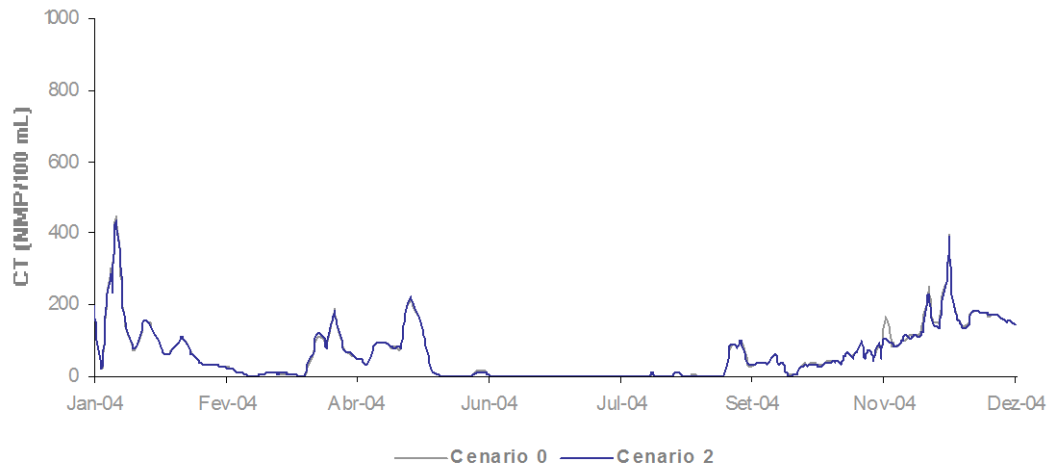


Figura 108. Série temporal de CT – Zona balnear – Valongo/Breda – **Cenário 2**

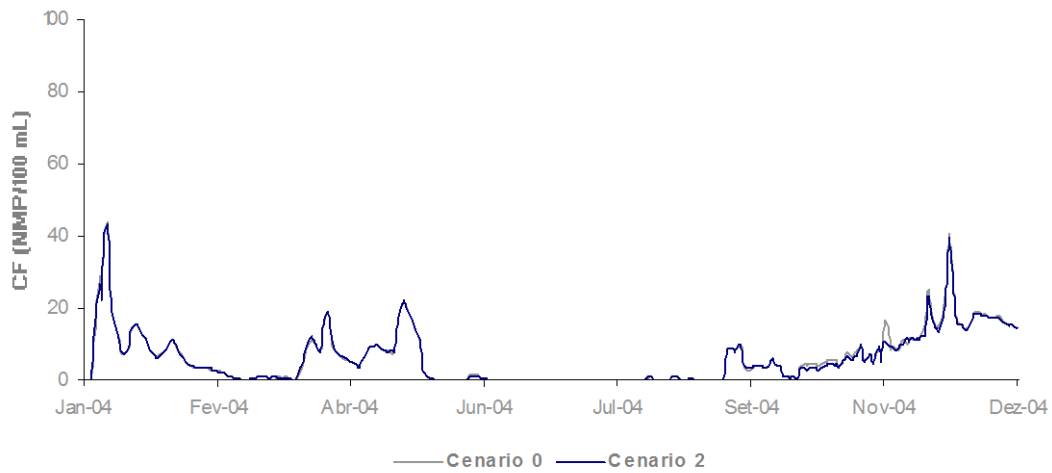


Figura 109. Série temporal de CF – Zona balnear – Valongo/Breda – **Cenário 2**

Tendo como objectivo avaliar a contribuição relativa da implementação das medidas de redução de carga poluente ao nível da área de intervenção do POAA e da bacia hidrográfica, contempladas nos cenários 1 e 2, compararam-se séries temporais da CBO₅ e de coliformes totais e fecais (Figuras 110 a 112) obtidas para os referidos cenários.

A análise das referidas figuras permite verificar que a carga de CBO₅ que aflui à albufeira da Aguieira é predominantemente gerada ao nível da bacia hidrográfica considerada na sua globalidade, o que era expectável face à reduzida dimensão da área de intervenção do POAA, e ao diminuto número de habitantes existentes na mesma.

No entanto, relativamente aos coliformes totais e fecais, verifica-se que a redução de carga destes constituintes ao nível da área de intervenção do POAA contribuirá para uma melhoria significativa da qualidade da água da albufeira da Aguieira (Figuras 111 e 112), no que se refere a estes parâmetros.

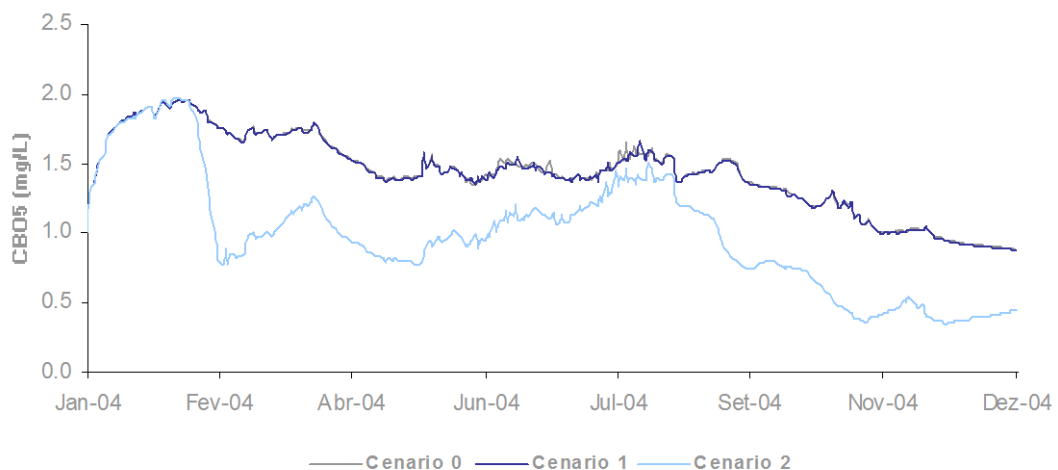


Figura 110. Série temporal de valores de concentração da CBO₅ obtidos a 400 m da barragem da Aguieira a 2 m de profundidade

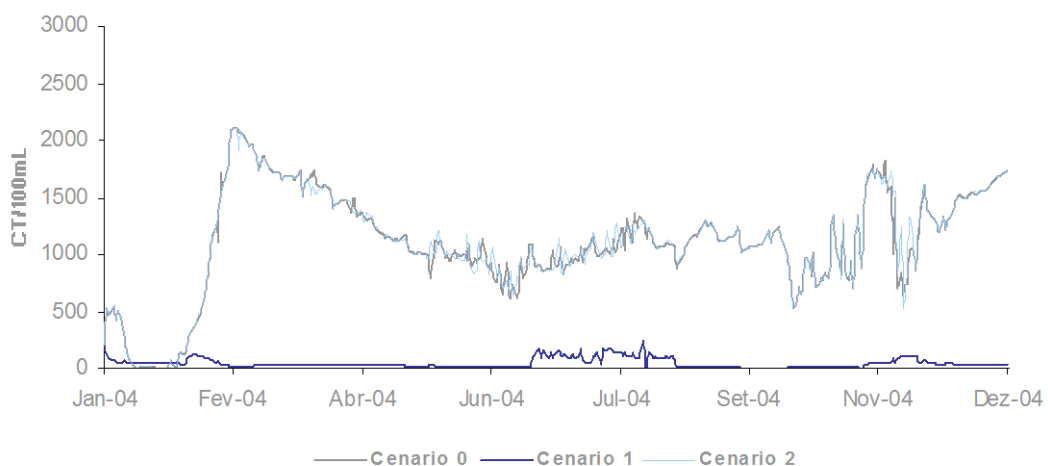


Figura 111. Série temporal de valores de concentração de CT a 400 m da barragem da Aguieira a 2 m de profundidade

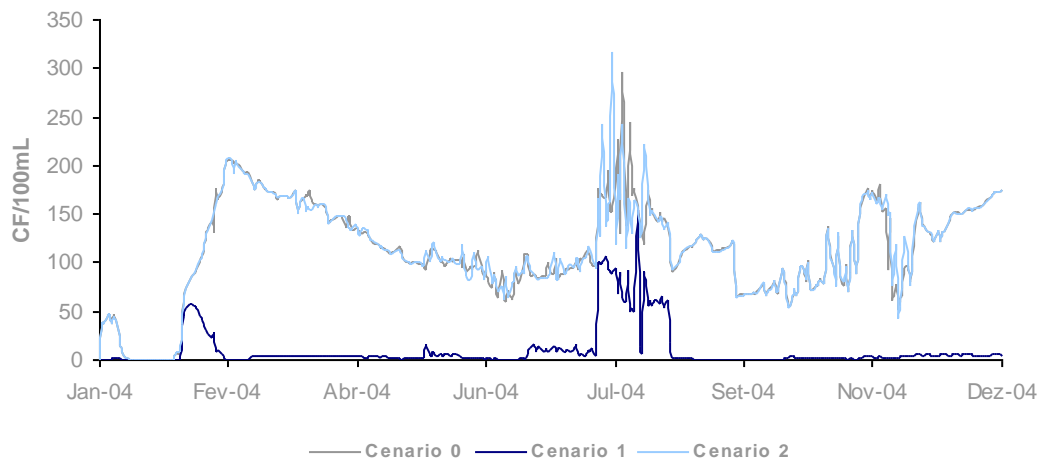


Figura 112. Série temporal de valores de concentração de CF obtidos a 400 m da barragem da Aguieira a 2 m de profundidade

9.4 - Cenário 3

A definição do **Cenário 3** revelou, como seria expectável, o efeito na qualidade da água da albufeira da Aguieira resultante da conjugação dos cenários 1 e 2 (Figuras 113 a 122). Assim, verifica-se que os resultados obtidos com este cenário definem, teoricamente, a situação mais plausível em termos de redução de carga poluente afluente à albufeira, que representa uma melhoria, significativa no caso de alguns parâmetros, da qualidade da água da mesma.

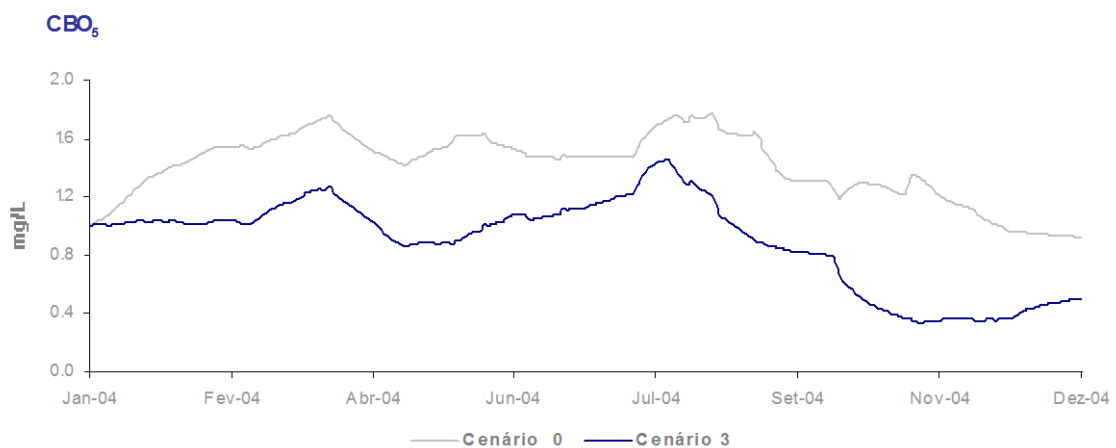


Figura 113. Variação média da CBO_5 na albufeira da Aguieira – **Cenário 3**

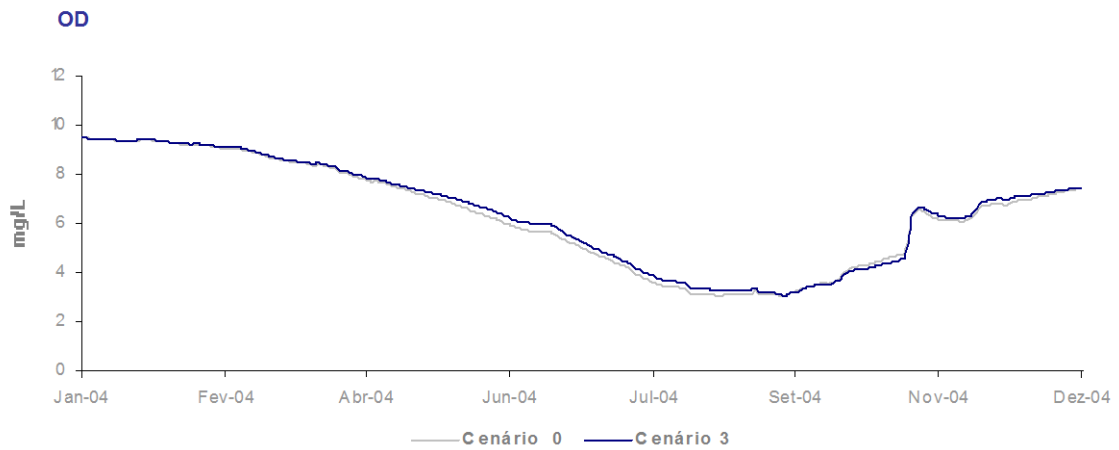


Figura 114.Variação média de OD na albufeira da Aguieira – **Cenário 3**

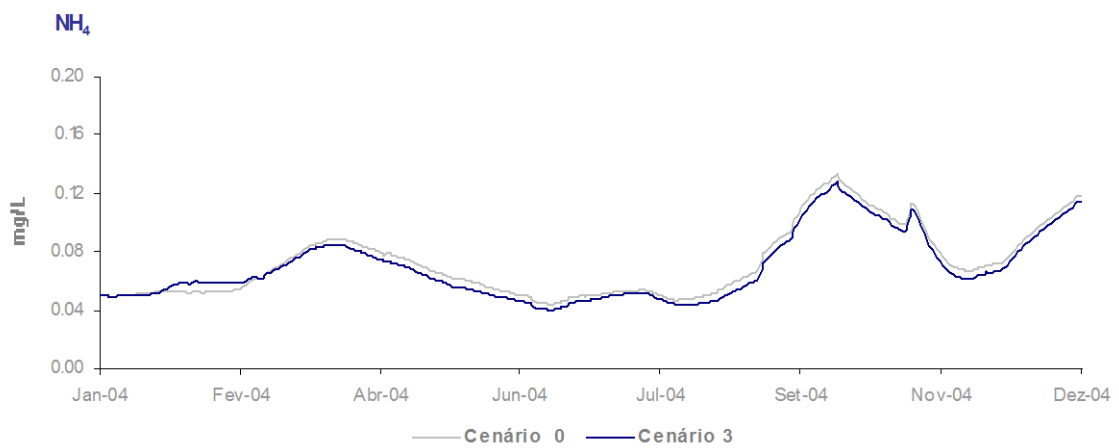


Figura 115.Variação média de NH₄ na albufeira da Aguieira – **Cenário 3**

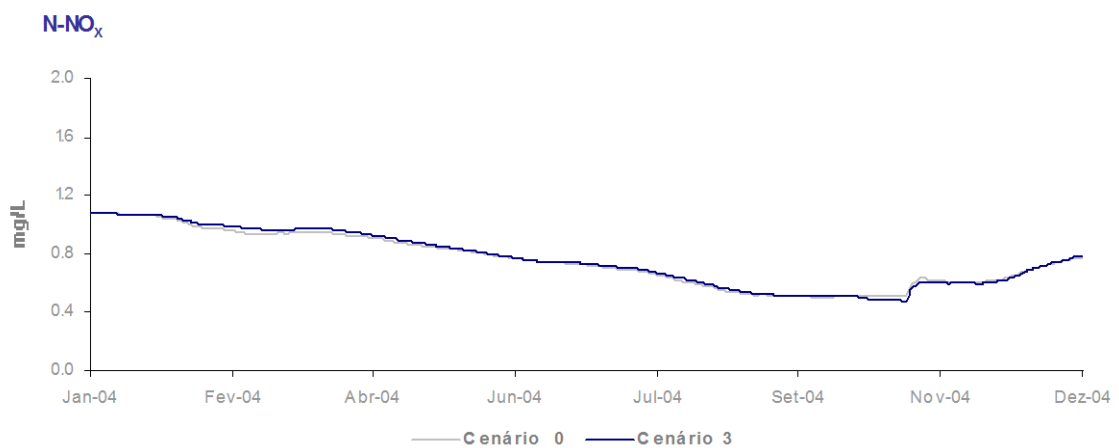


Figura 116.Variação média de N-NO_x na albufeira da Aguieira – **Cenário 3**

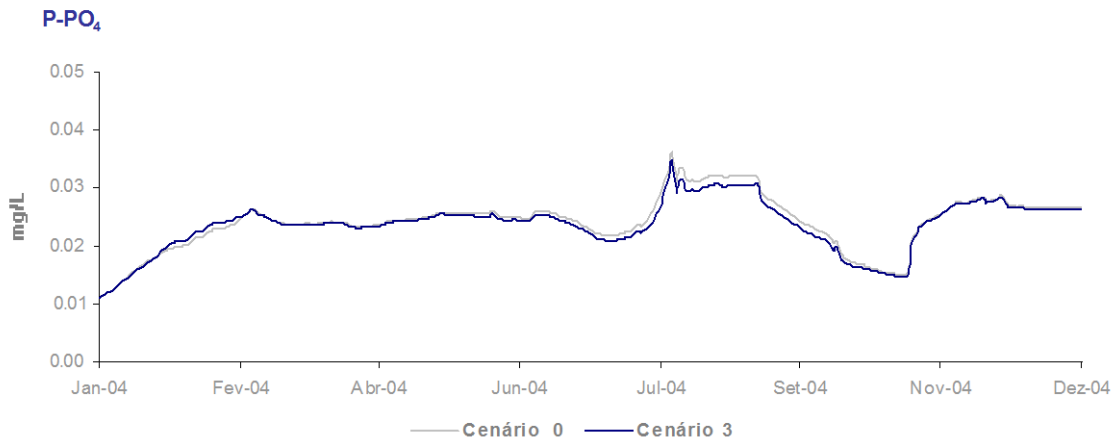


Figura 117. Variação média de P-PO₄ na albufeira da Aguieira – **Cenário 3**

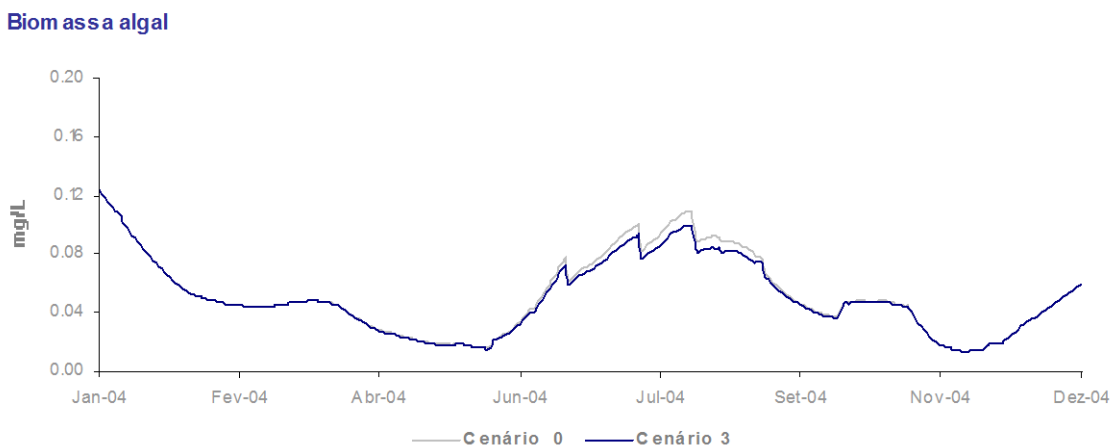


Figura 118. Variação média de Bio. Algal na albufeira da Aguieira – **Cenário 3**

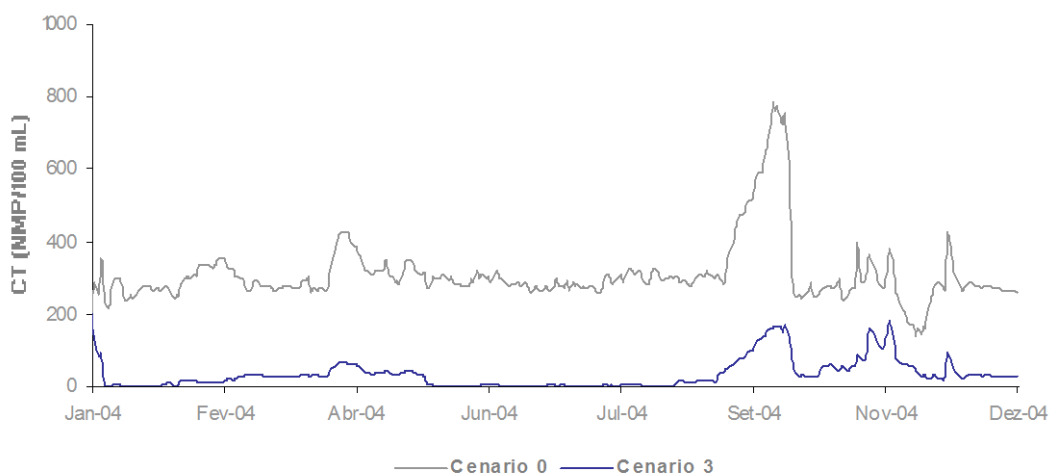


Figura 119. Série temporal de CT – Zona balnear – Tábua/Srª da Ribeira – **Cenário 3**

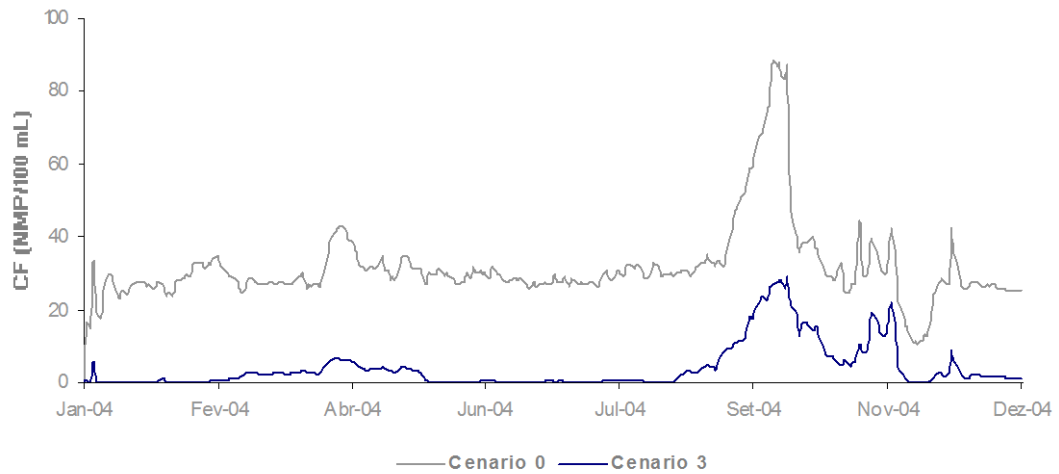


Figura 120. Série temporal de CF – Zona balnear – Tábua/Srª da Ribeira – **Cenário 3**

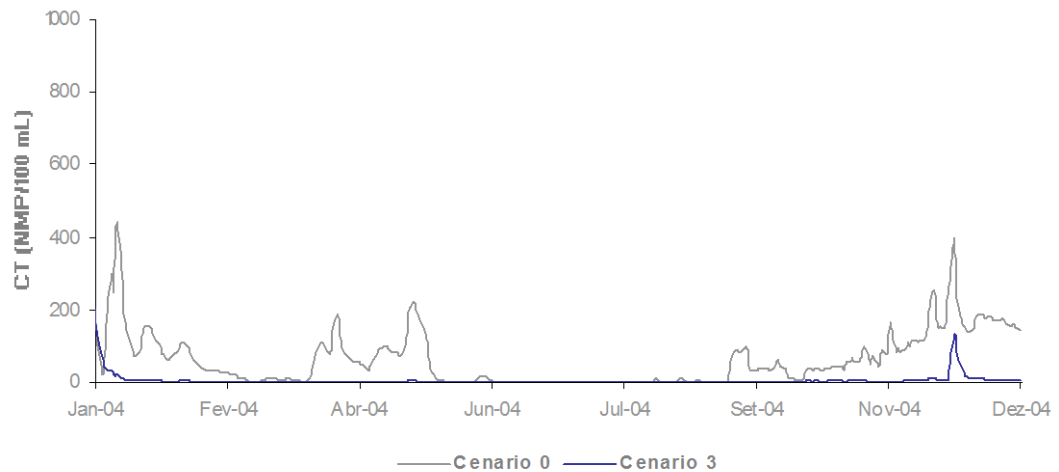


Figura 121. Série temporal de CT – Zona balnear – Valongo/Breda – **Cenário 3**

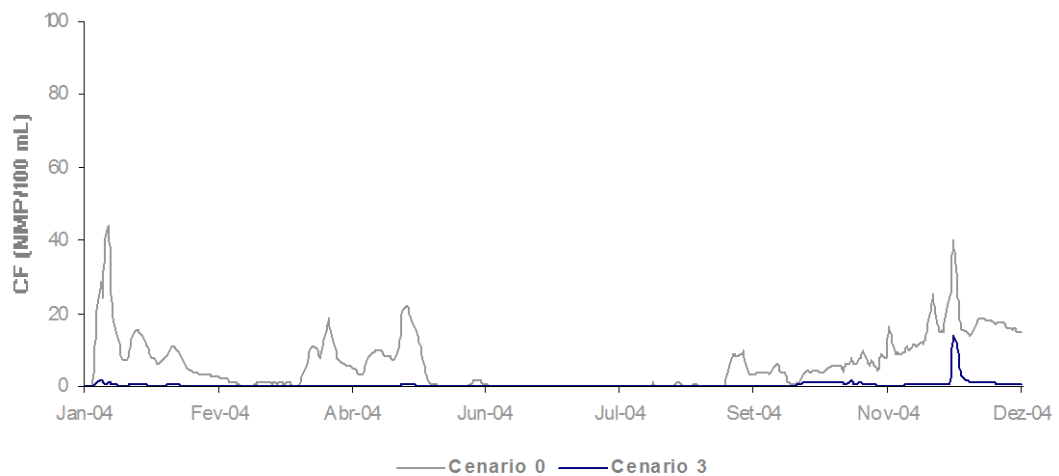


Figura 122. Série temporal de CF – Zona balnear – Valongo/Breda – **Cenário 3**

9.5 - Cenário 4

O **Cenário 4** permitiu avaliar, comparativamente, o efeito na qualidade da massa de água das descargas geradas pelos empreendimentos turísticos cuja construção está prevista pelo POAA e o efeito das cargas poluentes associadas aos empreendimentos que estavam previstos ao nível do PROZAG.

Nas Figuras 123 e 124 é possível observar, a título de exemplo, a evolução ao longo do ano da concentração de CBO_5 e de $P-PO_4$, junto ao empreendimento turístico de São Vicente. Verifica-se que o efeito sobre a qualidade da água resultante das descargas associadas a este empreendimento, com o número de camas previsto pelo PROZAG é, como seria expectável, superior ao que ocorrerá em função do número de camas permitido pelo POAA.

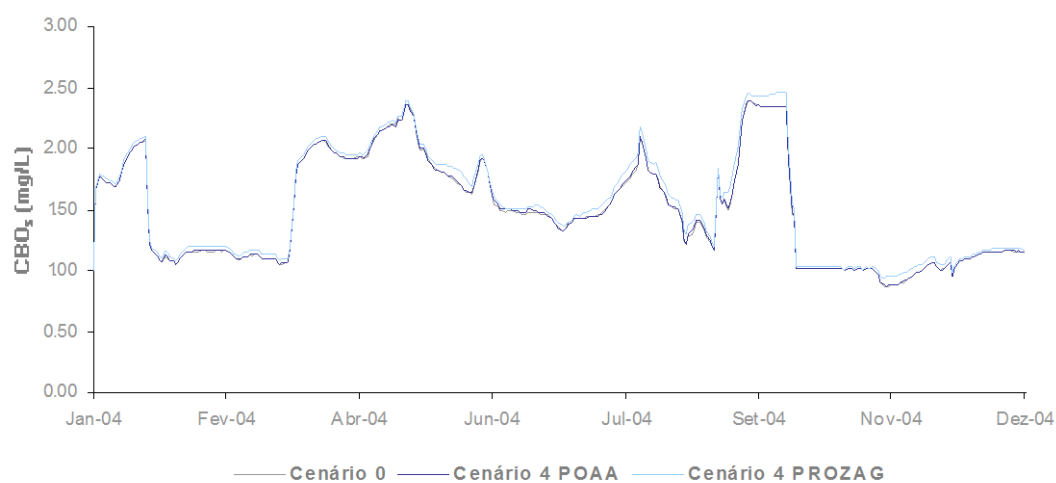


Figura 123. Série temporal de valores de concentração da CBO_5 obtidos no rio Dão a jusante do empreendimento turístico de São Vicente (8815 camas previstas no PROZAG e 200 camas previstas no POAA)

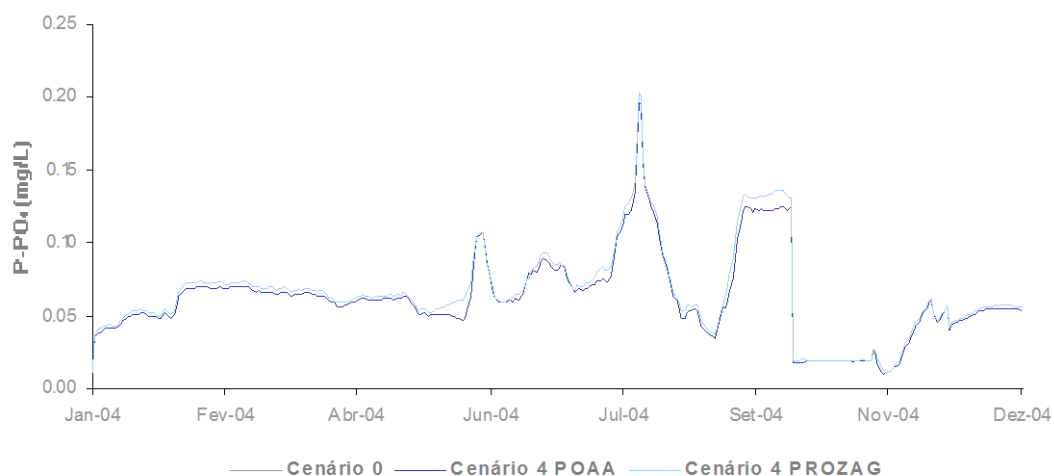


Figura 124. Série temporal de valores de concentração de $P-PO_4$ obtidos no rio Dão a jusante do empreendimento turístico de São Vicente (8815 camas previstas no PROZAG e 200 camas previstas no POAA)

No entanto, deve referir-se que o efeito na qualidade da massa de água, considerada na sua globalidade, resultante das descargas associadas aos empreendimentos turísticos previstos no POAA e no PROZAG é, em ambos os casos, reduzido, face ao efeito determinado pela carga poluente total que aflui à albufeira da Aguieira (Figuras 125 a 134).

Contudo, é igualmente importante referir que se considerou que as águas residuais desses empreendimentos estariam sujeitas ao tipo de tratamento previsto no POAA para este tipo de infra-estruturas, ou seja tratamento terciário. Esta opção configura um cenário mais favorável do que previsivelmente seria o real, se a construção e funcionamento dos empreendimentos turísticos previstos no PROZAG tivesse avançado, sem, como seria expectável, um tratamento de águas residuais de nível terciário.

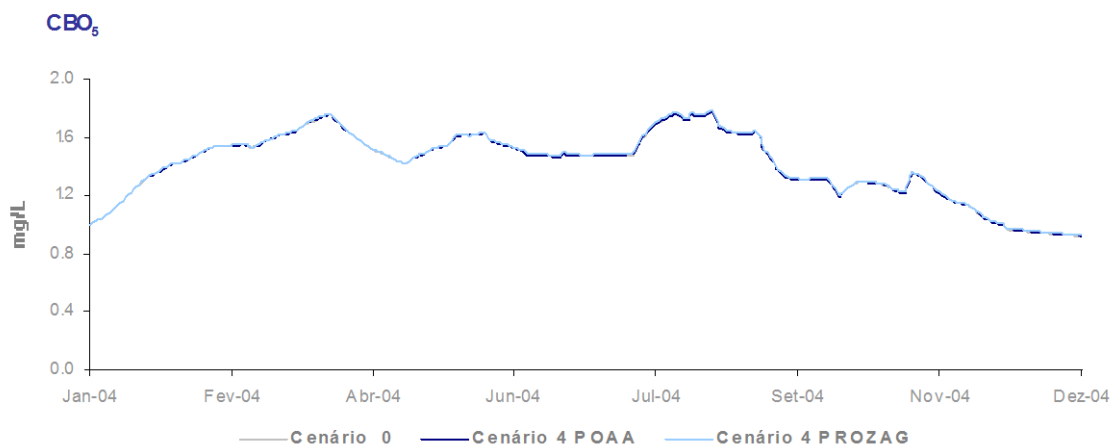


Figura 125. Variação média da CBO_5 na albufeira da Aguieira – Cenário 4

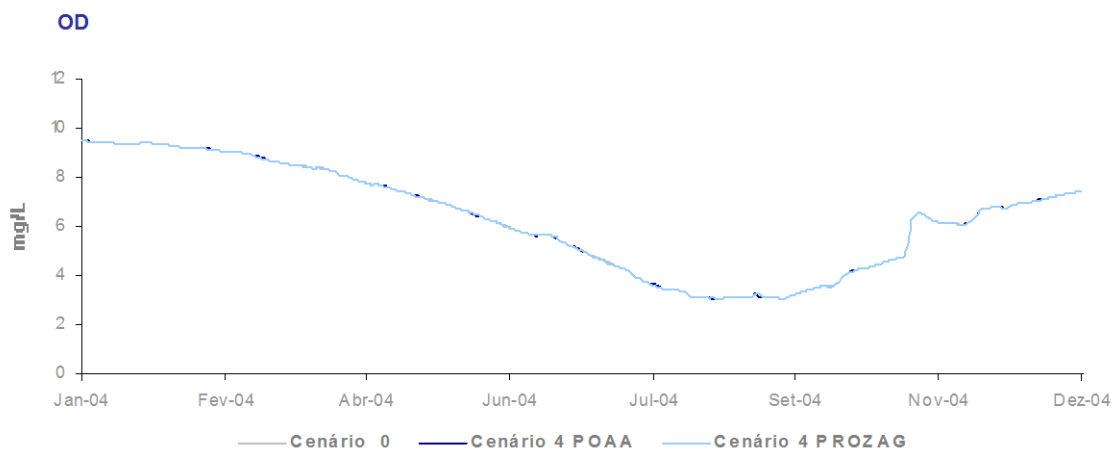


Figura 126. Variação média de OD na albufeira da Aguieira – Cenário 4

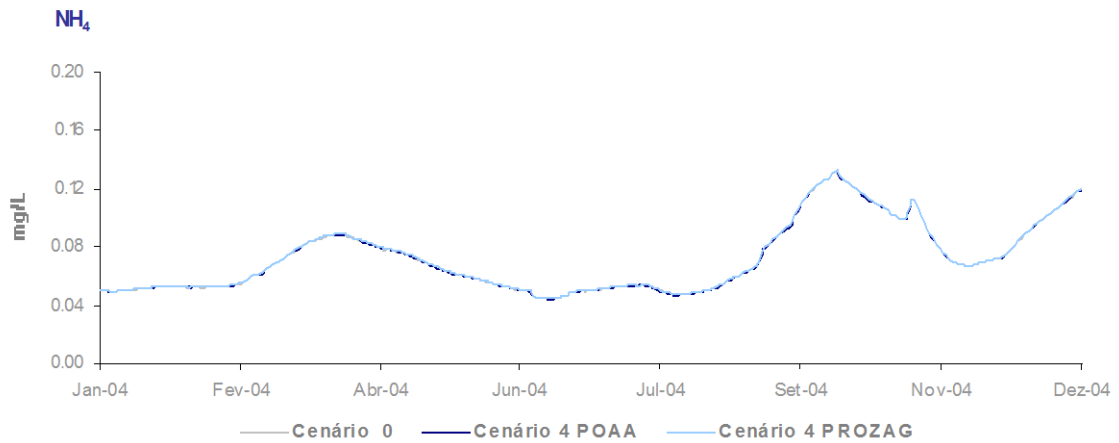


Figura 127. Variação média de NH₄ na albufeira da Aguieira – **Cenário 4**

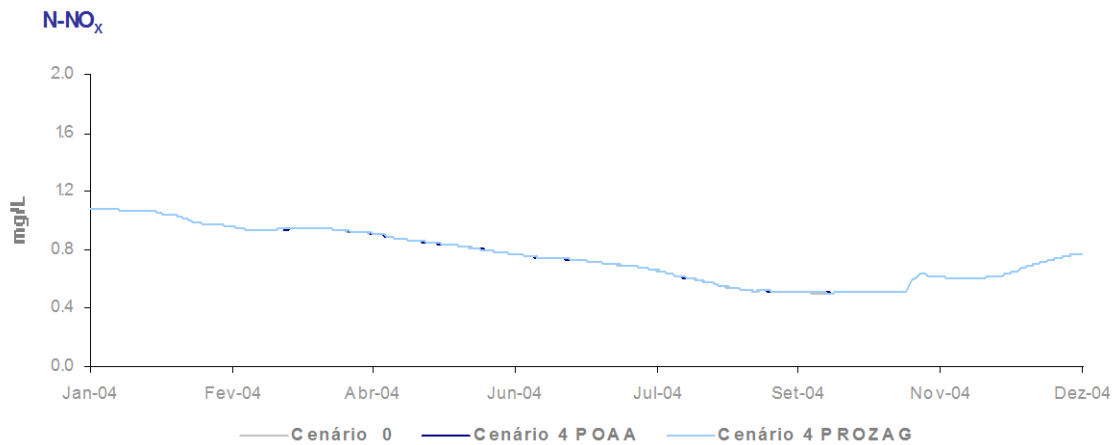


Figura 128. Variação média de N-NO_x na albufeira da Aguieira – **Cenário 4**

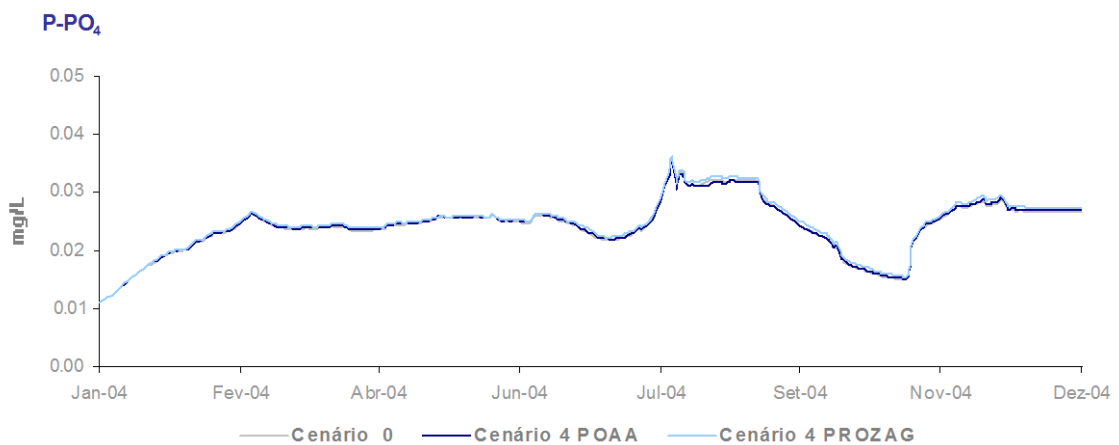


Figura 129. Variação média de P-PO₄ na albufeira da Aguieira – **Cenário 4**

Biomassa algal

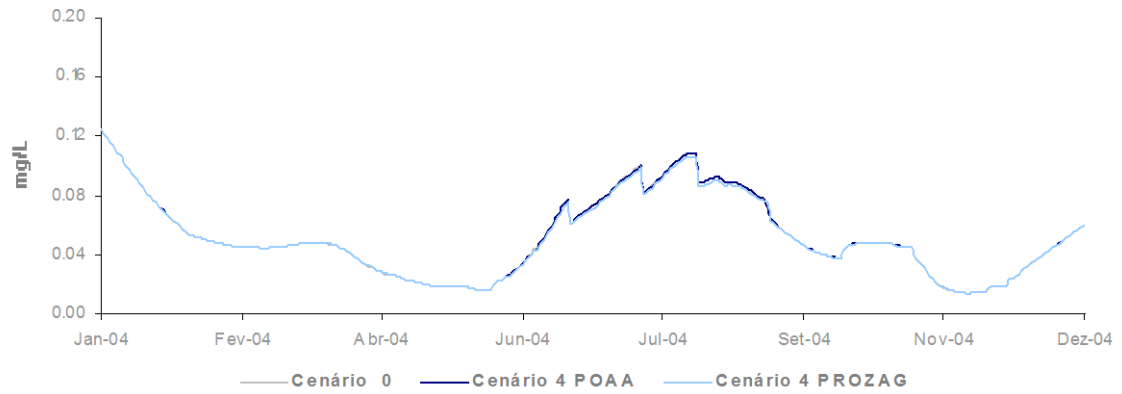


Figura 130. Variação média de Bio. Algal na albufeira da Agueira – **Cenário 4**

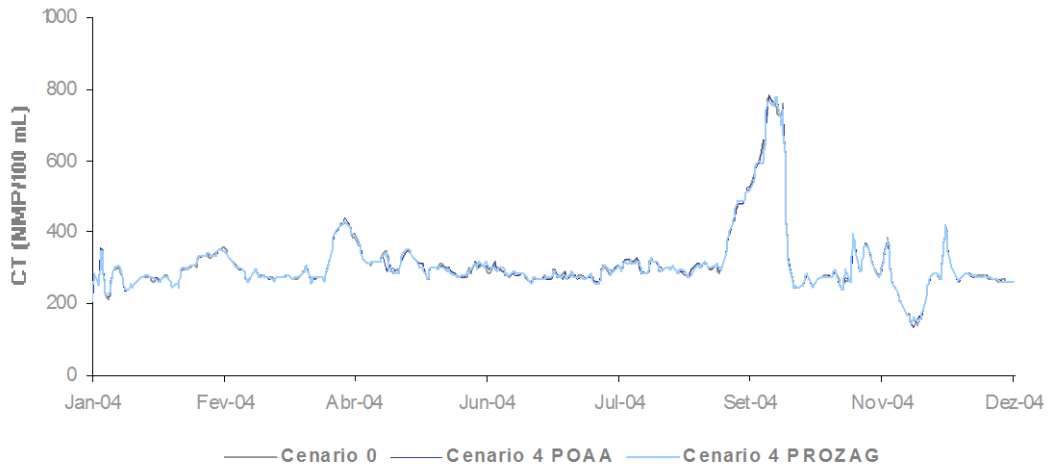


Figura 131. Série temporal de CT – Zona balnear – Tábua/Sr^a da Ribeira – **Cenário 4**

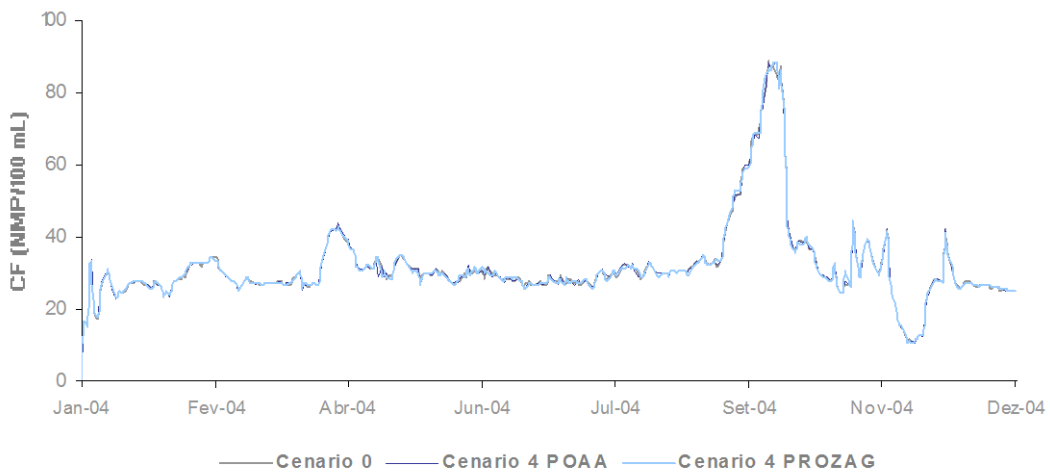


Figura 132. Série temporal de CF – Zona balnear – Tábua/Sr^a da Ribeira – **Cenário 4**

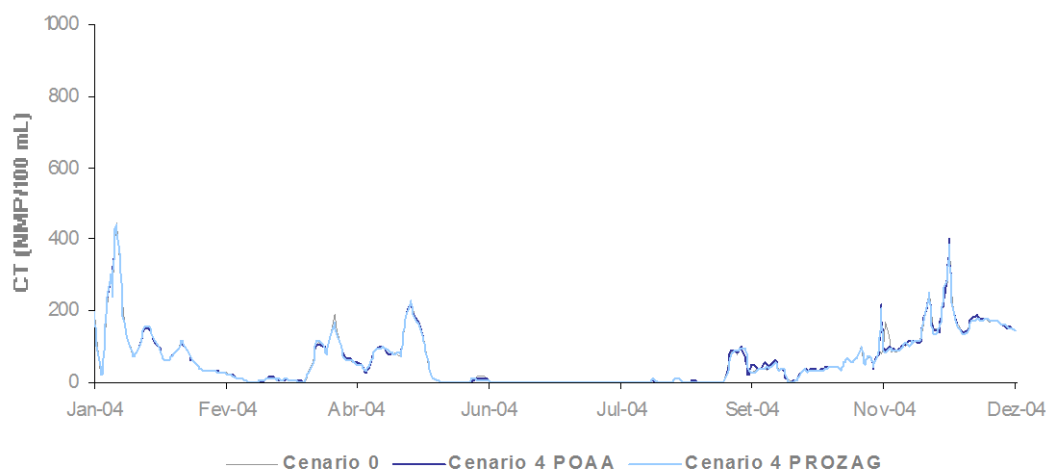


Figura 133. Série temporal de CT – Zona balnear – Valongo/Breda – Cenário 4

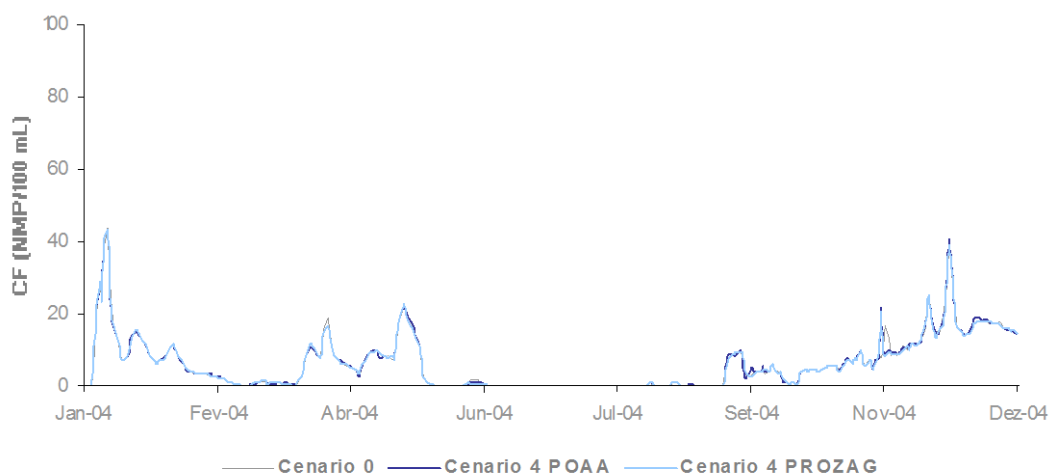


Figura 134. Série temporal de CF – Zona balnear – Valongo/Breda – Cenário 4

9.6 - Cenário 5

A definição deste cenário de simulação foi realizada com o objectivo de se avaliar o efeito da remoção da carga poluente associada às águas residuais efluentes dos sistemas de tratamento localizados na área de intervenção do POAA e na área adjacente (ver Figura 89 atrás apresentada), sobre a qualidade da água da albufeira da Agueira. Assim, deve referir-se que os resultados obtidos com este cenário devem apenas ser considerados segundo uma perspectiva evolutiva do conhecimento das potenciais fontes poluidoras da massa de água em estudo, uma vez que a sua implementação não é exequível.

A análise das Figuras 135 a 144 permite verificar que as águas residuais que afluem à albufeira da Agueira após tratamento constituem mesmo considerando as eficiências de remoção de nutrientes e de microorganismos admitidas uma fonte poluidora com algum significado, nomeadamente no que se refere à CBO_5 e ao PO_4 , o que seria expectável, tendo em atenção os pressupostos assumidos na definição do cenário em análise.

Desta forma, pode concluir-se que os sistemas de tratamento existentes nas estações consideradas nesta análise possuem uma margem adicional de melhoria ao nível da sua eficiência, com potencial reflexo positivo em termos da qualidade da água da albufeira. Obviamente que a eventual introdução dessa melhoria deve ser ponderada em função dos custos associados, uma vez que, na generalidade das situações, seria necessário introduzir tratamento terciário.

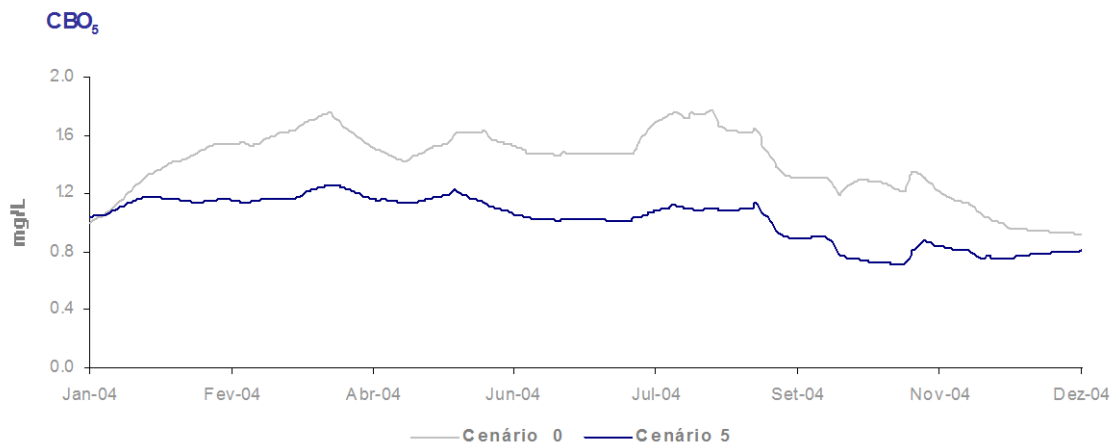


Figura 135.Variação média da CBO₅ na albufeira da Aguieira – **Cenário 5**

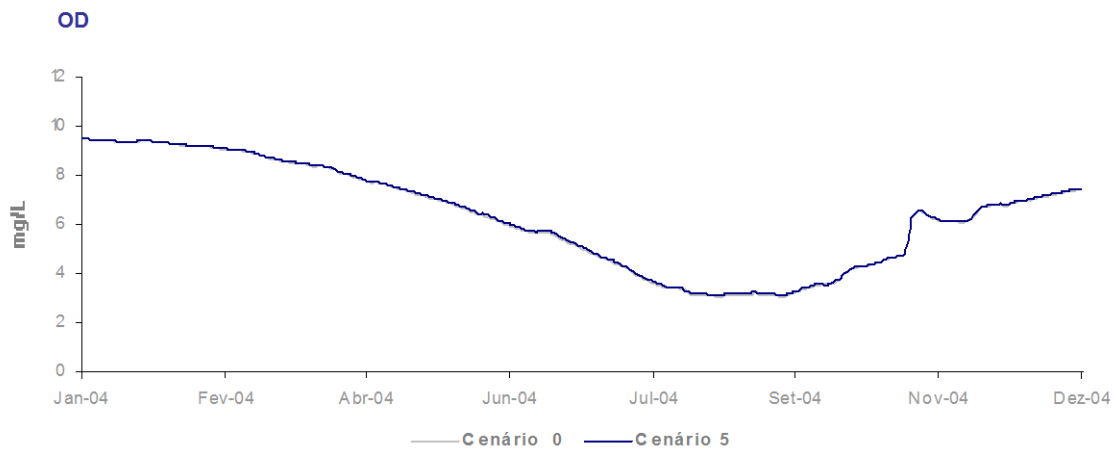


Figura 136.Variação média de OD na albufeira da Aguieira – **Cenário 5**

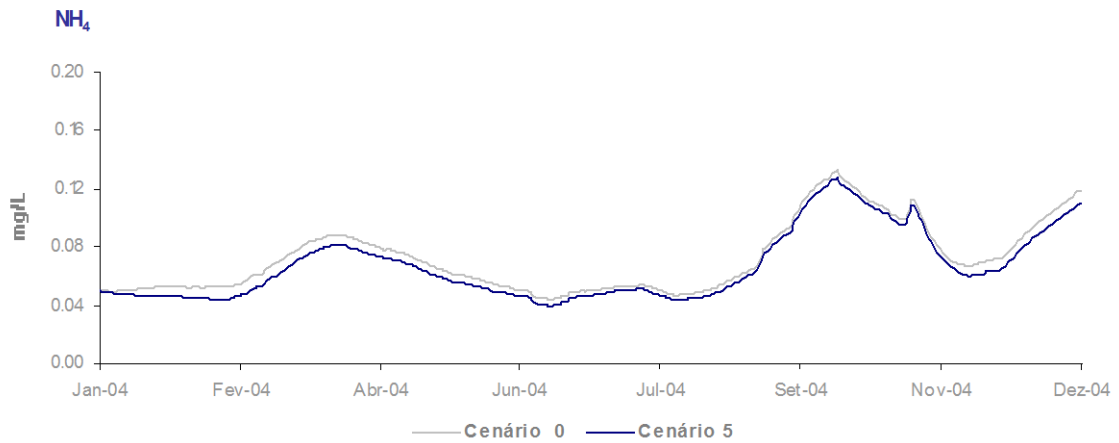


Figura 137. Variação média de NH₄ na albufeira da Aguieira – **Cenário 5**

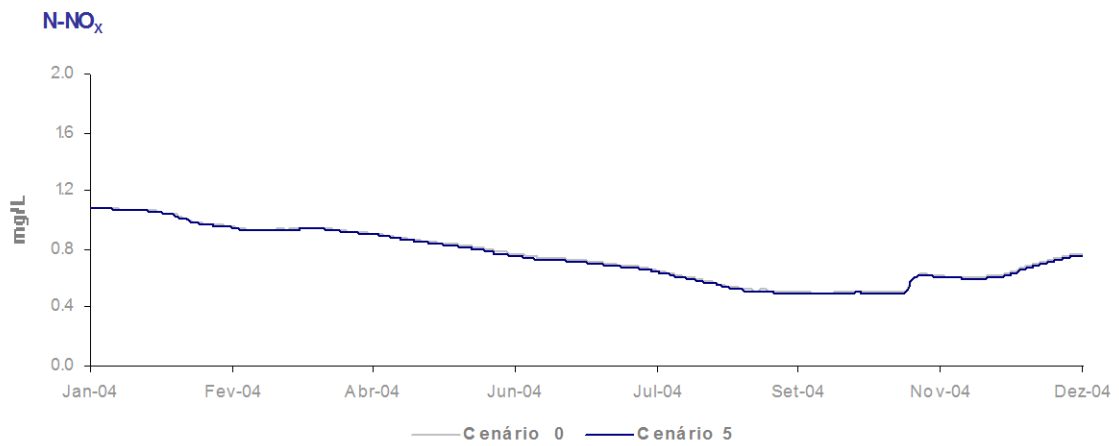


Figura 138. Variação média de N-NO_x na albufeira da Aguieira – **Cenário 5**

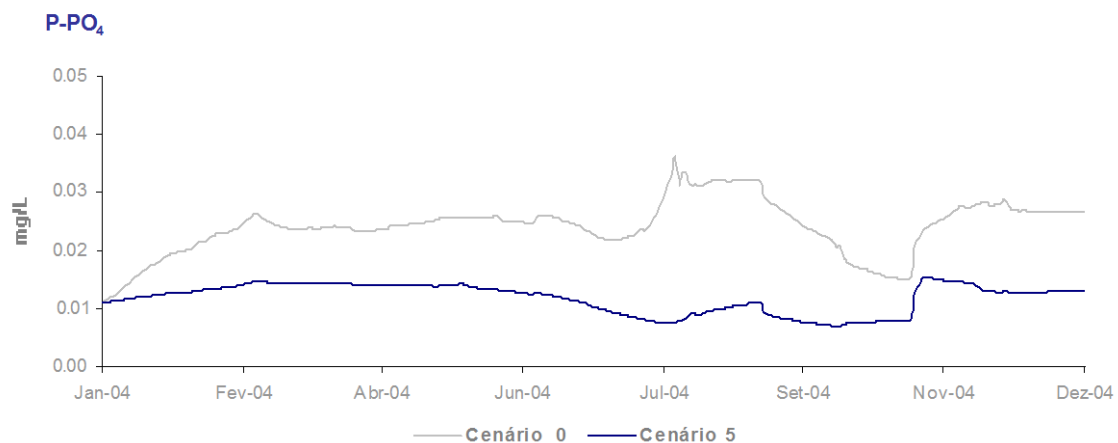


Figura 139. Variação média de P-PO₄ na albufeira da Aguieira – **Cenário 5**

Biomassa algal

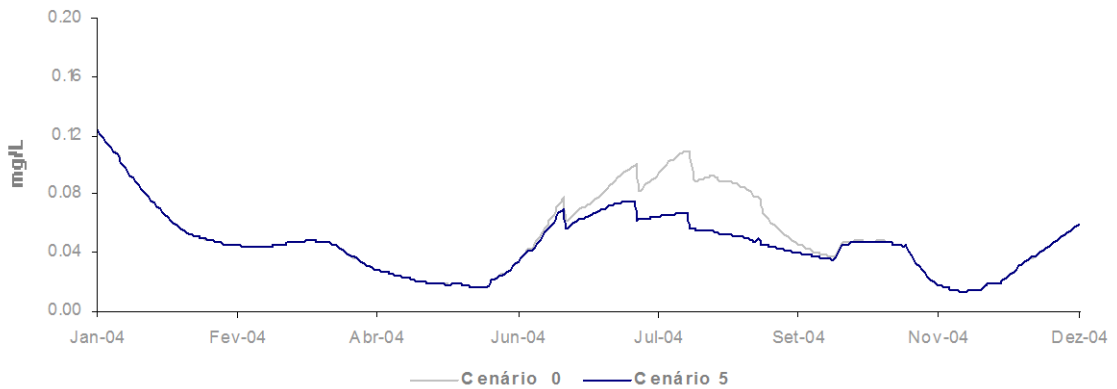


Figura 140. Variação média de Biomassa Algal na albufeira da Aguieira – **Cenário 5**

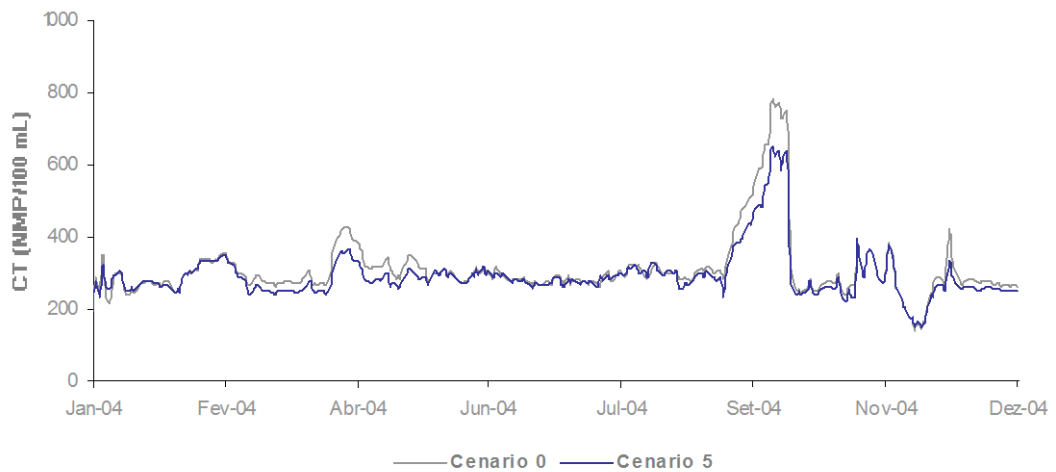


Figura 141. Série temporal de CT – Zona balnear – Tábua/Sr^a da Ribeira – **Cenário 5**

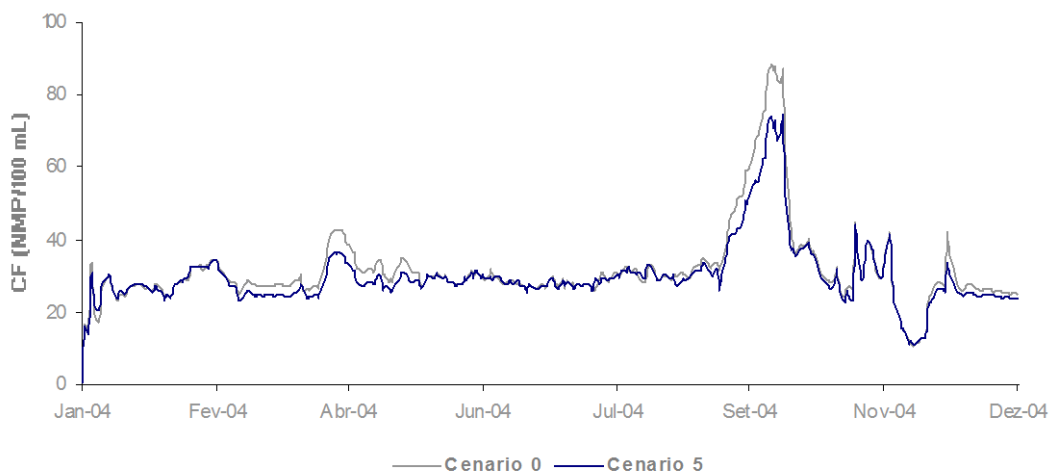


Figura 142. Série temporal de CF – Zona balnear – Tábua/Sr^a da Ribeira – **Cenário 5**

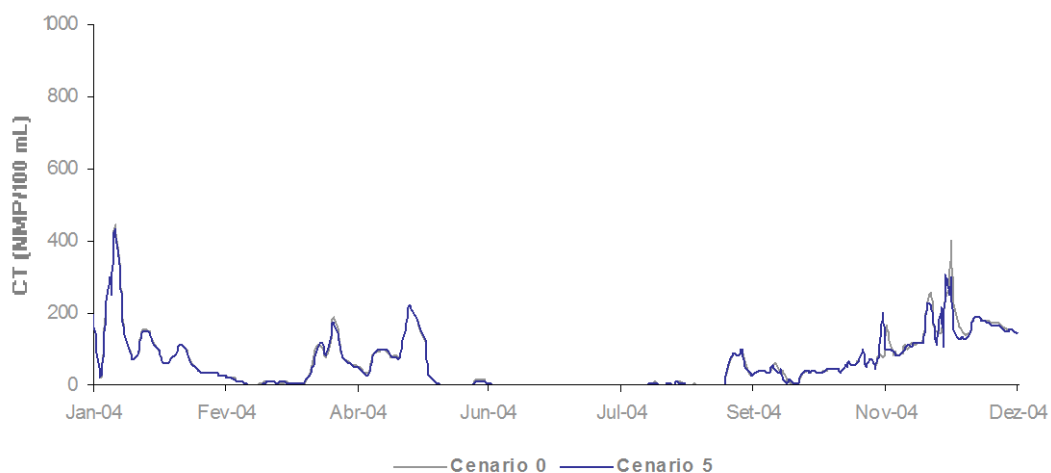


Figura 143. Série temporal de CT – Zona balnear – Valongo/Breda – **Cenário 5**

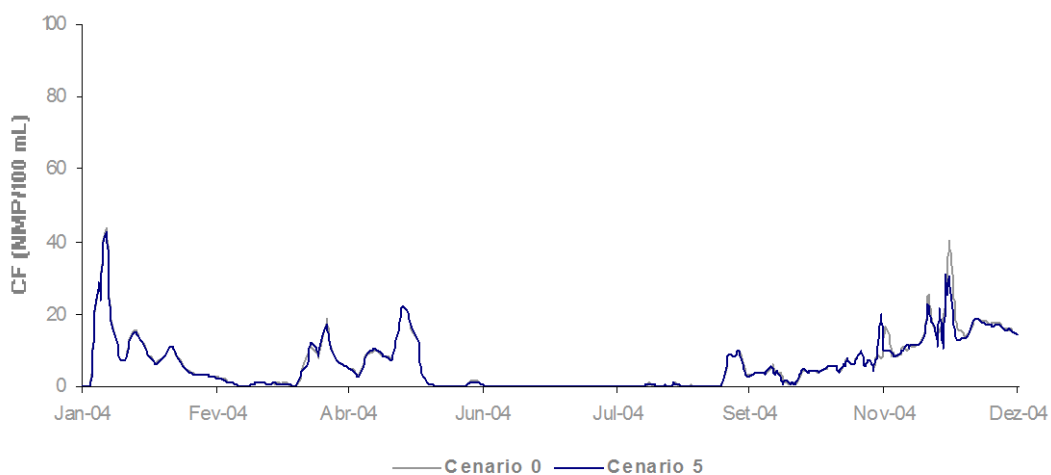


Figura 144. Série temporal de CF – Zona balnear – Valongo/Breda – **Cenário 5**

9.7 - Cenário 6

A implementação do cenário 6 permitiu verificar que a carga difusa de origem agrícola e florestal que aflui à albufeira da Agueira tem um efeito reduzido na qualidade da água da mesma, como se pode observar pela análise das Figuras 145 a 150.

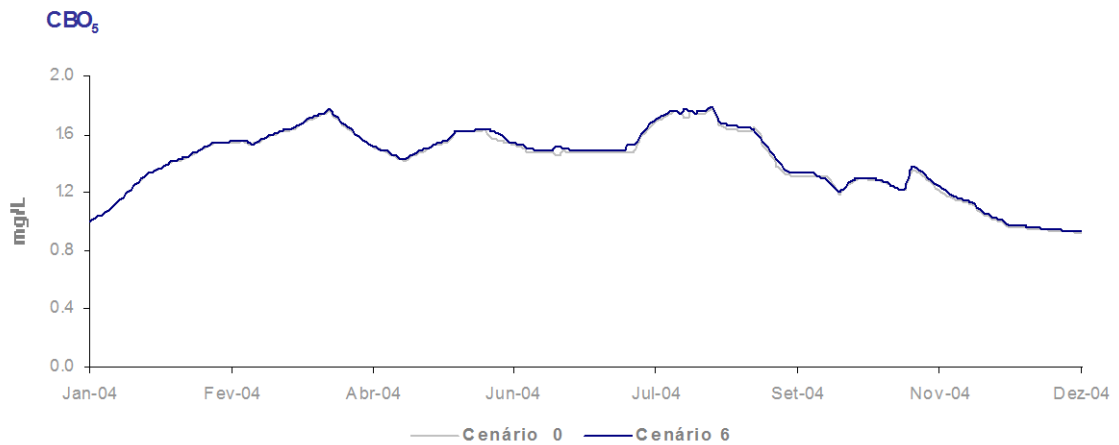


Figura 145. Variação média da CBO₅ na albufeira da Agueira – Cenário 6

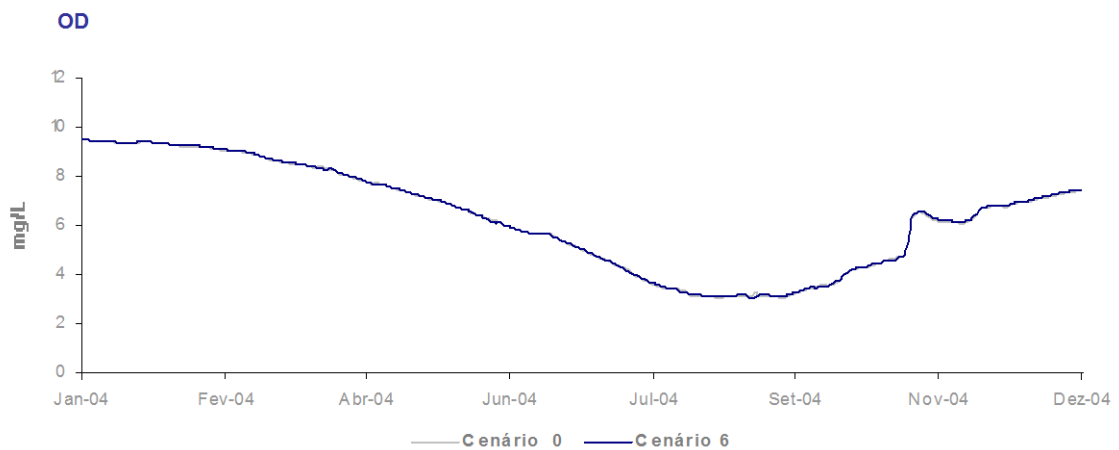


Figura 146. Variação média de OD na albufeira da Agueira – Cenário 6

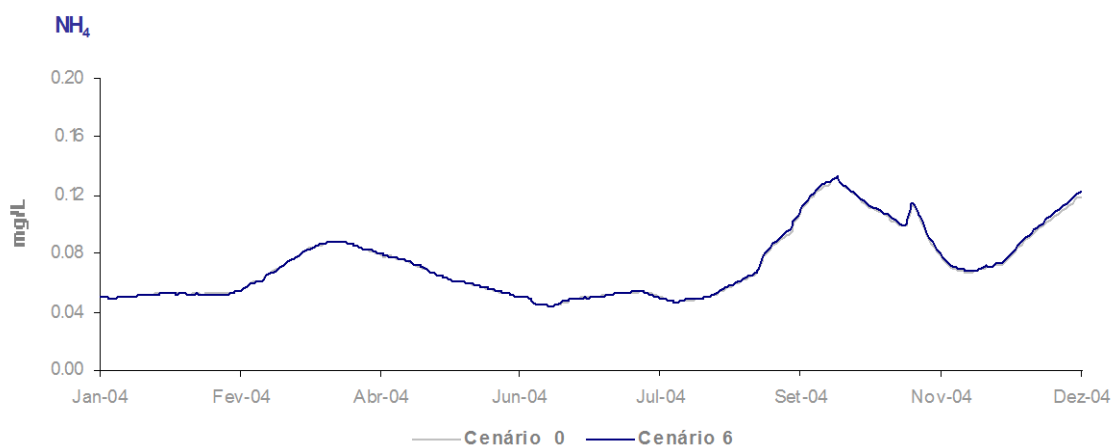


Figura 147. Variação média de NH₄ na albufeira da Agueira – Cenário 6

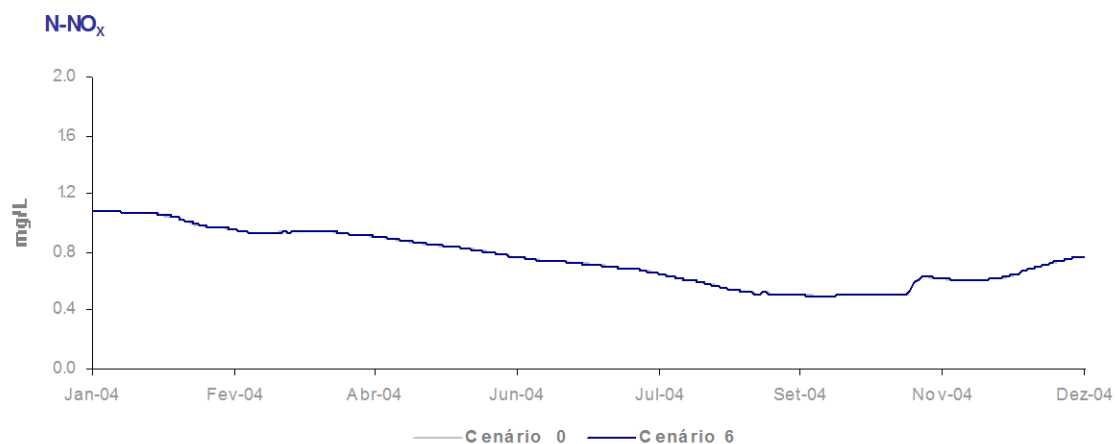


Figura 148. Variação média de N-NO_x na albufeira da Aguieira – Cenário 6

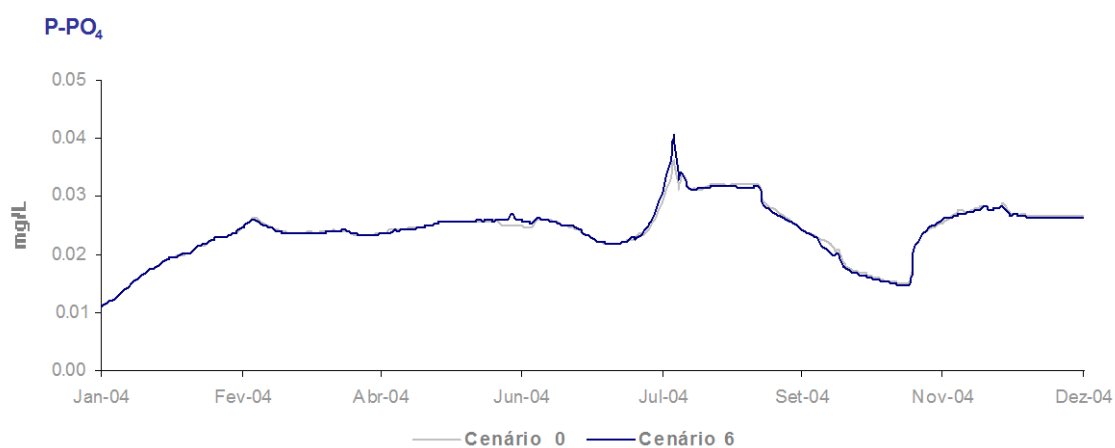


Figura 149. Variação média de P-PO₄ na albufeira da Aguieira – Cenário 6

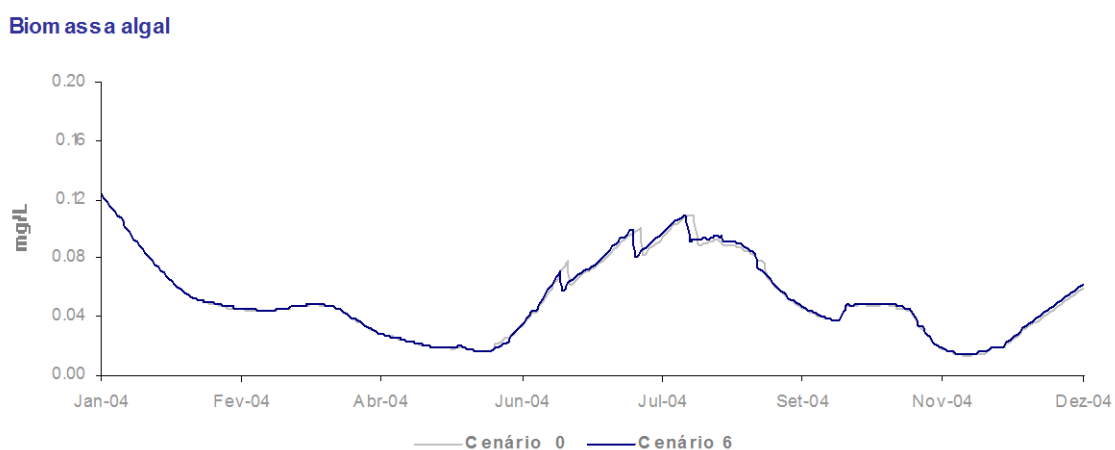


Figura 150. Variação média de Biomassa Algal na albufeira da Aguieira – Cenário 6

9.8 - Cenário 7

Apesar da não obrigatoriedade de implementação do tratamento terciário da totalidade das águas residuais produzidas ao nível da bacia hidrográfica, considerou-se pertinente proceder à avaliação que resulta da definição deste cenário.

A análise das Figuras 151 a 160 permite verificar que o tratamento terciário das cargas poluentes geradas na área considerada determinaria uma melhoria significativa da qualidade da água da albufeira, nomeadamente no que se refere à CBO_5 , NH_4 , $N-NO_x$, e $P-PO_4$, que originaria, consequentemente, uma importante melhoria ao nível do estado trófico da massa de água.

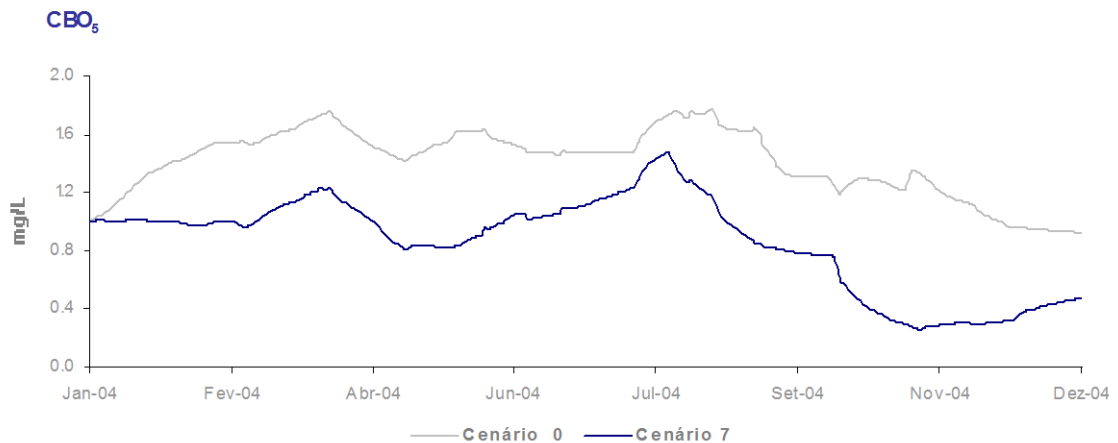


Figura 151. Variação média da CBO_5 na albufeira da Agueira – Cenário 7

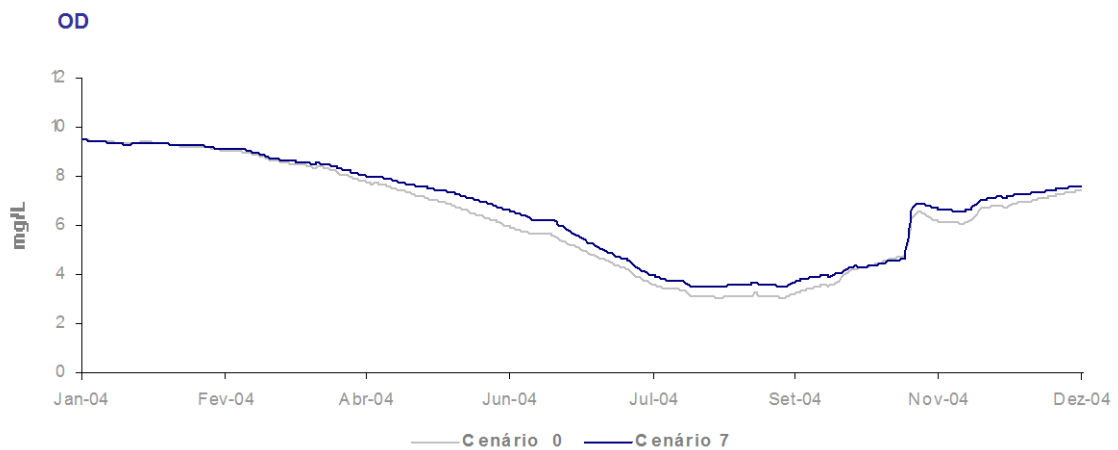


Figura 152. Variação média de OD na albufeira da Agueira – Cenário 7

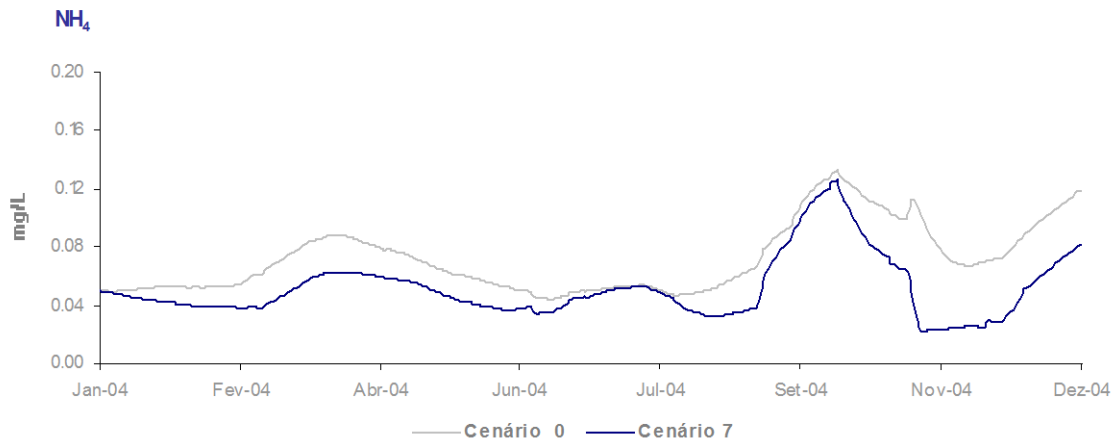


Figura 153. Variação média de NH_4 na albufeira da Aguieira – **Cenário 7**

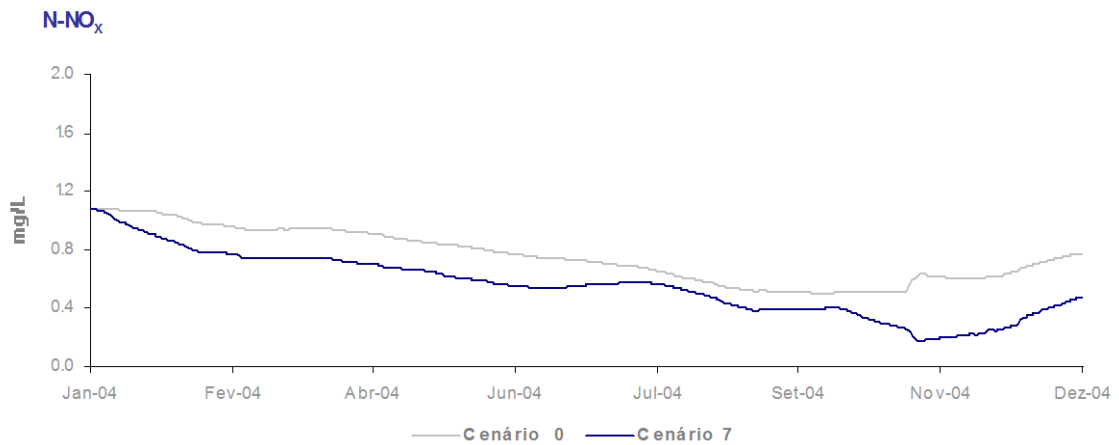


Figura 154. Variação média de N-NO_x na albufeira da Aguieira – **Cenário 7**

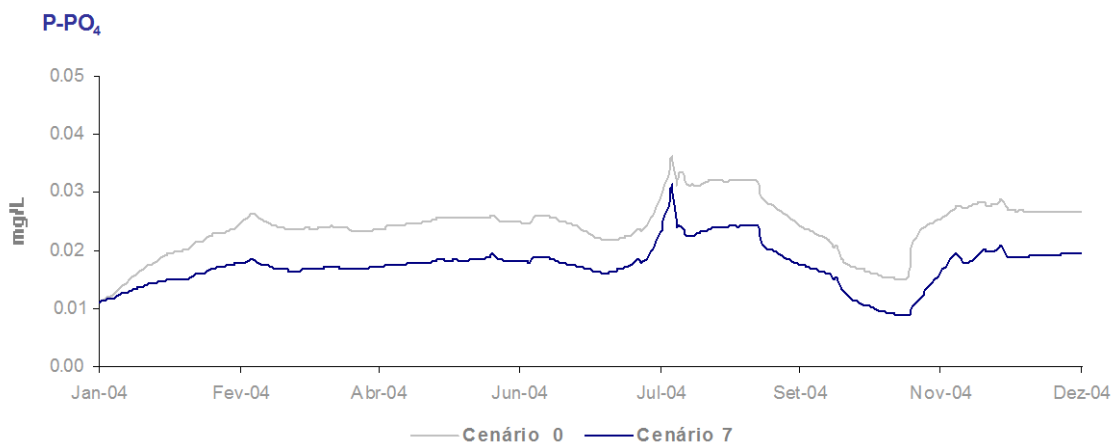


Figura 155. Variação média de P-PO_4 na albufeira da Aguieira – **Cenário 7**

Biomassa algal

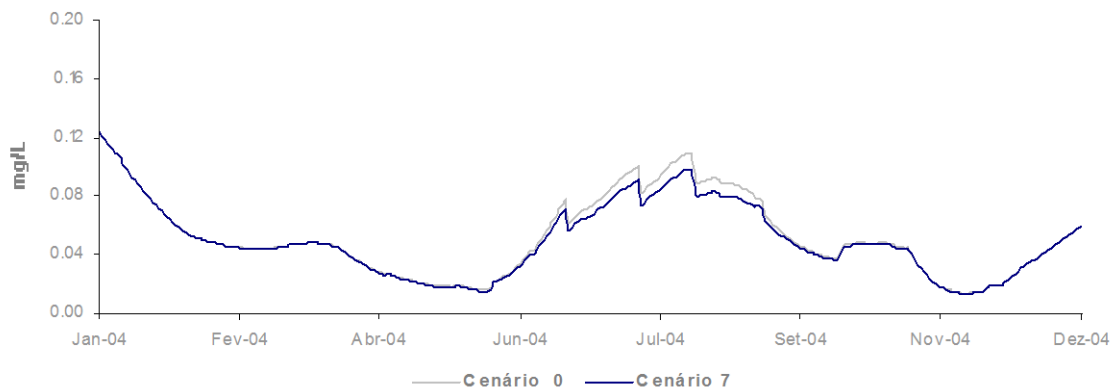


Figura 156. Variação média de Biomassa Algal na albufeira da Aguieira – **Cenário 7**

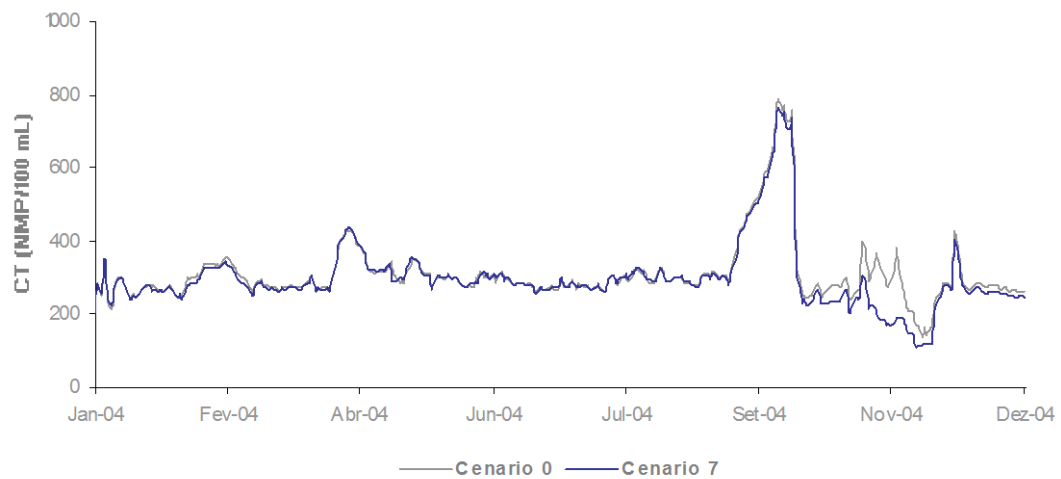


Figura 157. Série temporal de CT – Zona balnear – Tábua/Sr^a da Ribeira – **Cenário 7**

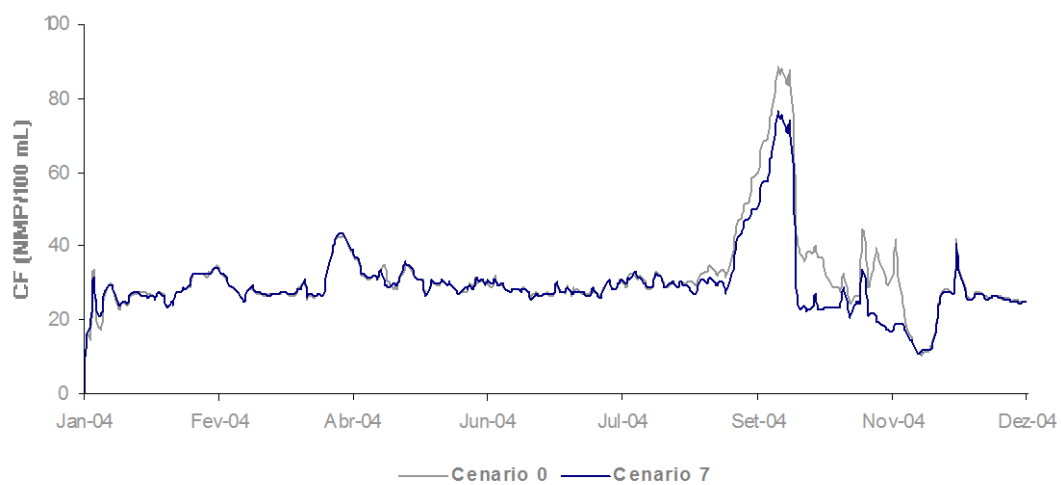


Figura 158. Série temporal de CF – Zona balnear – Tábua/Sr^a da Ribeira – **Cenário 7**

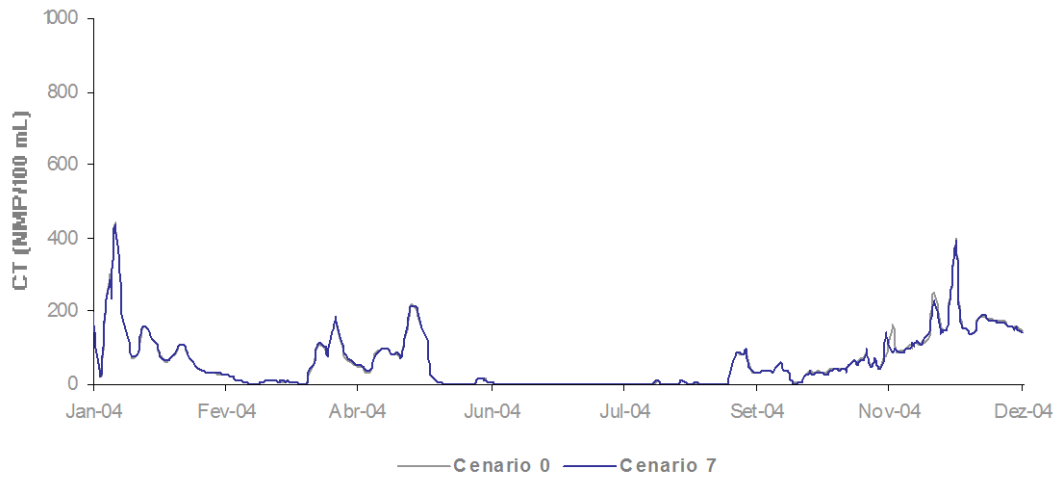


Figura 159. Série temporal de CT – Zona balnear – Valongo/Breda – **Cenário 7**

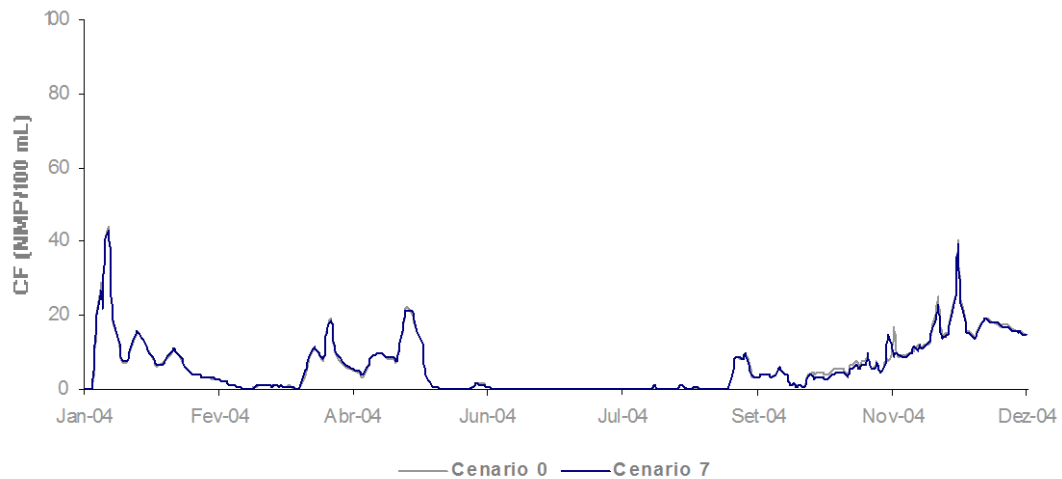


Figura 160. Série temporal de CF – Zona balnear – Valongo/Breda – **Cenário 7**

No Quadro 29 é apresentada, de forma sintetizada, uma análise relativamente à albufeira da Agueira, em função da consideração dos diferentes cenários simulados, que configuram reduções da carga poluente afluente à massa de água.

Quadro 29. Efeito na qualidade da água das reduções de carga poluente consideradas pelos cenários de simulação

Parâmetro	Cenário 1	Cenário 1A	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4 (POAA)	Cenário 4 (PROZAG)	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
CBO ₅	+	+	+++	+++	0	-	+++	0	+++
OD	+	+	++	++	0	-	+	0	++
NH ₄	+	+	++	++	0	-	++	0	+++
NO _x	0	0	0	0	0	-	+	0	+++
PO ₄	+	+	++	++	0	-	+++	0	+++
Biomassa Algal	+	+	++	++	0	-	+++	0	+++
Coliformes totais	+++	+++	0	0	0	-	+	0	+
Coliformes fecais	+++	+++	0	0	0	-	+	0	+

+++ Melhoria significativa da qualidade da água da albufeira

++ Melhoria da qualidade da água da albufeira

+ Melhoria pouco significativa da qualidade da água da albufeira

- Degradação pouco significativa da qualidade da água da albufeira

0 Sem alteração significativa

10. ANÁLISE DA DELIMITAÇÃO DOS PERÍMETROS DE PROTECÇÃO DAS CAPTAÇÕES SUPERFICIAIS DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NA ALBUFEIRA DA AGUIEIRA

10.1 - Introdução

As captações superficiais e subterrâneas de água para consumo humano têm zonas de protecção, de acordo com o preconizado no POAA. Nas zonas de protecção das captações superficiais inseridas no plano de água da albufeira da Aguieira, são interditas todas as actividades recreativas. É permitida apenas a circulação das embarcações de socorro e emergência, das embarcações de manutenção das infra-estruturas da barragem e da captação, e das embarcações destinadas à colheita de amostras de água para monitorização da qualidade da mesma.

Na albufeira da Aguieira existem cinco captações superficiais de água para consumo humano (Figura 161), estando previsto uma zona de protecção que corresponde a uma área com um raio de 100 m a partir de cada uma dessas captações. Esta protecção é, em alguns casos, complementada pelo facto de a captação se localizar em zona de navegação interdita, como é o caso da **captação 2**, localizada no rio Mondego, junto à barragem da Aguieira e da **captação 3**, localizada no rio Dão, junto a Santa Comba Dão.

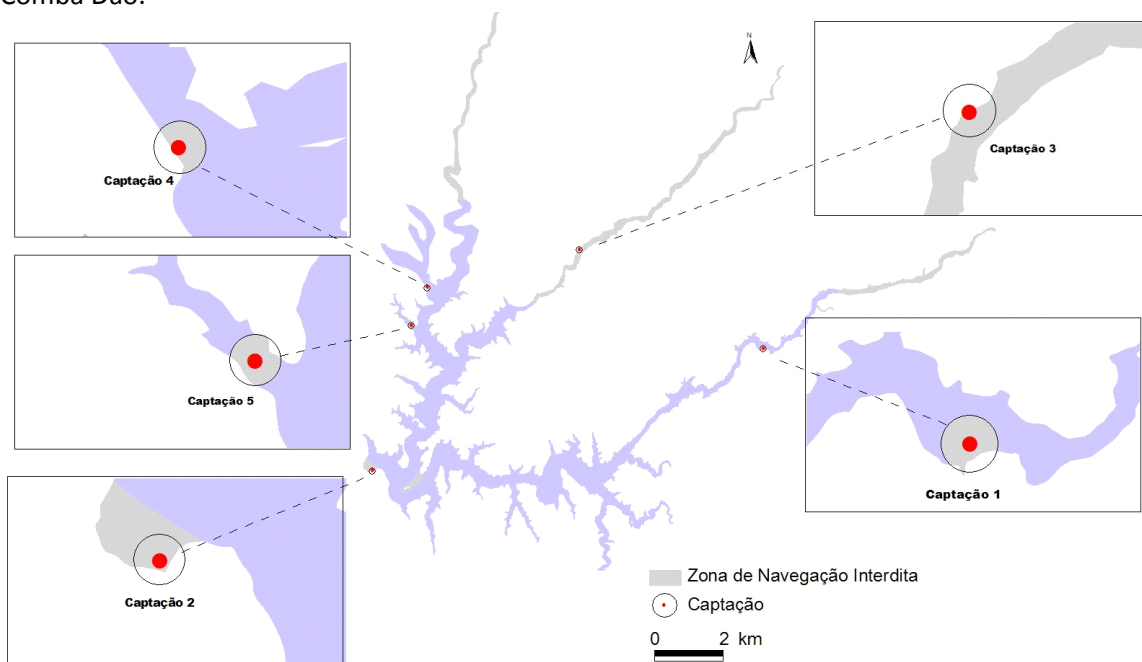


Figura 161. Localização das captações superficiais de água para consumo humano na albufeira da Aguieira

10.2 - Metodologia

Para avaliar o efeito da navegação recreativa a motor junto às captações superficiais de água para consumo humano localizadas na albufeira da Aguieira em que, de acordo com o previsto no POAA, a navegação não é interdita para além do raio de 100 m de protecção às mesmas (captações 1, 4 e 5), recorreu-se ao modelo CE-QUAL-W2. Assim, procedeu-se à simulação do efeito da descarga de um dos compostos constituinte dos combustíveis utilizados nas embarcações de recreio, o benzeno, junto das referidas captações. Essa simulação teve como base o **Cenário 0**, que caracteriza a situação de referência da massa de água da referida albufeira, relativamente ao ano civil de 2004.

Os valores de carga de benzeno foram calculados partindo dos seguintes pressupostos: os barcos que navegam na albufeira da Aguieira têm todos motores a 4 tempos, de acordo com a lei aplicável, e esses motores utilizam gasolina sem chumbo; a fracção de emissão de benzeno e o consumo médio dessas embarcações correspondem aos valores médios de vários estudos, em que foram considerados diferentes tipos de embarcações, e à constituição de uma gasolina sem chumbo 95. (Ver Capítulo 5 do Tomo 2 do presente relatório final).

Partindo destes pressupostos, assumiu-se um valor de carga poluente resultante da navegação de 10 embarcações a motor, navegando em média seis horas por dia, ao longo de um ano. Estes valores não se baseiam em dados concretos e observados do número de embarcações que normalmente navegam nos troços da albufeira considerados, e são usados apenas como valor de referência, para permitir observar as diferenças de concentração de benzeno na zona das captações, resultantes da alocação das cargas aos diferentes segmentos da albufeira, a montante ou a jusante das referidas captações.

A **captação 1**, localizada no rio Mondego, junto à localidade de Póvoa do Mosqueiro, situa-se num troço de rio previsto como zona de navegação livre (restrita junto à margem), a cerca de 3 km a jusante da zona de navegação interdita prevista no Projecto do POAA (Figura 161).

Para determinar as potenciais alterações na qualidade da água junto à zona da **captação 1**, decorrentes de uma eventual passagem do limite da zona de navegação interdita para jusante da referida captação, simulou-se o efeito da navegação de embarcações a motor nas imediações (a montante e a jusante) da referida captação.

Na Figura 162, podem observar-se, esquematicamente, os segmentos definidos na batimetria utilizada pelo modelo CE-QUAL-W2 para o troço de rio onde se localiza a **captação 1**. Analisando a referida figura, pode verificar-se que o actual limite de jusante da zona de navegação interdita corresponde ao segmento 5, enquanto que, na hipótese de estender para jusante esta zona restrita, a mesma prolongar-se-á até ao segmento 7.

Assim, a simulação realizada consistiu na introdução de uma carga de benzeno nos segmentos 5, 6, 7 e 8 da batimetria utilizada pelo modelo CE-QUAL-W2 (Figura 162).

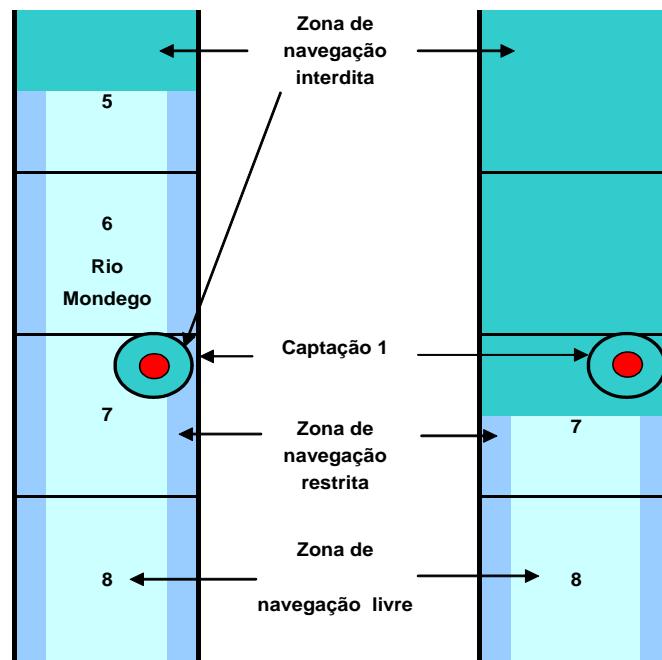


Figura 162. Representação esquemática da zona da albufeira da Aguieira onde se localiza a **captação 1**. Troço do rio Mondego.

Tal como para o troço do rio Mondego onde se localiza a **captação 1**, foi estudada a influência da navegação recreativa a motor na zona da **captação 4** (Figura 161), localizada na ribeira da Fraga, afluente do rio Criz, junto à zona de recreio balnear de Valongo/Breda. Para esse efeito foi adicionado um novo ramo à batimetria utilizada pelo modelo CE-QUAL-W2, correspondente à ribeira da Fraga.

Na Figura 163 é possível observar, esquematicamente, os segmentos que foram considerados na batimetria utilizada pelo modelo CE-QUAL-W2 para a zona em questão. Assim, e tal como para a **captação 1**, foi estudado o efeito da introdução de uma carga de benzeno, de igual magnitude, nos segmentos a montante, a jusante e no segmento da própria captação - respectivamente segmentos 88, 89, 78 e 90.

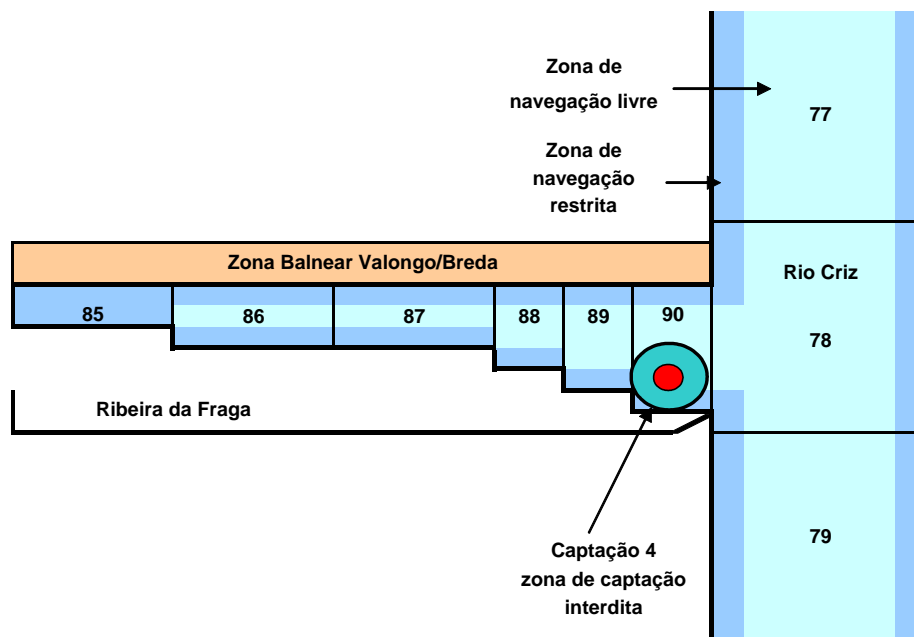


Figura 163. Representação esquemática da zona da albufeira da Aguieira onde se localiza a **captação 4**. Ribeira da Fraga e troço do rio Criz

Relativamente à **captação 5**, localizada na ribeira de Vale da Ursa, afluente do rio Criz, o perímetro de protecção dessa origem de água atinge toda a secção transversal da ribeira, tal como se pode observar esquematicamente na Figura 164. Esta situação impede a navegação para montante dessa secção, de embarcações a partir do rio Criz. Adicionalmente, toda a zona a montante da **captação 5** é considerada no Projecto do POAA como zona de navegação restrita. Assim, e em função das razões atrás expostas, optou-se por excluir desta análise a **captação 5**, à semelhança do inicialmente efectuado relativamente às **captações 2 e 3**.

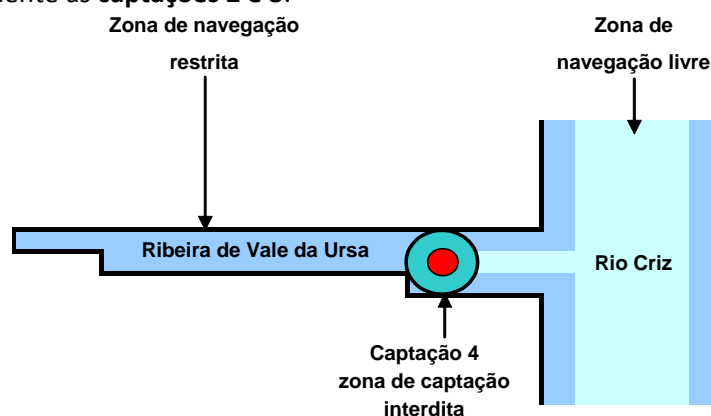


Figura 164. Representação esquemática da zona da albufeira da Aguieira onde se localiza a **captação 5**. Ribeira de Vale da Ursa e troço do rio Criz.

10.3 - Análise de resultados

Na Figura 165, apresentam-se os resultados das simulações efectuadas, no que se refere à concentração de benzeno na zona da **captação 1**. Consideraram-se 4 cenários diferentes,

correspondentes à alocação das cargas de benzeno ao segmento 5, 6, 7 e 8, considerando cada uma delas isoladamente.

Da análise da Figura 165 resultam algumas considerações interessantes. Quando a carga de benzeno é alocada ao segmento 5 a concentração deste composto junto à captação 1 é relativamente baixa. Este facto poderá ser explicado pela elevada volatilidade do benzeno e pela rápida dissolução deste composto em contacto com a água (ATSDR, 1997).

Quando a referida alocação da carga de benzeno é efectuada nos segmentos 6 e 7, registam-se os valores mais elevados de concentração do composto em análise, essencialmente em função da proximidade da própria captação 1.

Pode ainda observar-se que quando a carga de benzeno é inserida no segmento 8, imediatamente a jusante da captação 1, a concentração deste composto junto à captação foi, globalmente, a mais baixa dos 4 cenários considerados, o que poderá ser explicado, para além das características físico-químicas do benzeno anteriormente referidas, também pelos processos hidrodinâmicos deste troço do rio Mondego, com destaque para o sentido de escoamento de montante para jusante.

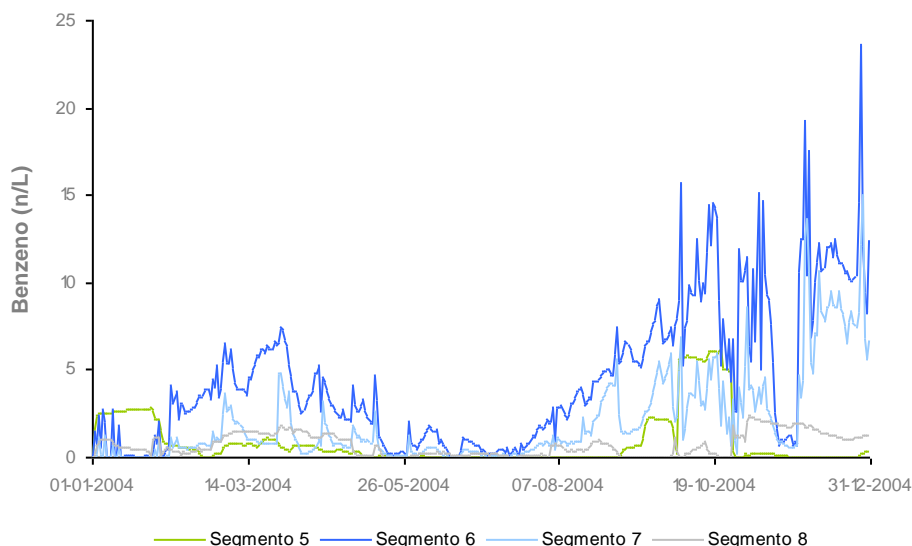


Figura 165. Concentração de benzeno, **captação 1**. Profundidade: 2 metros

Considerando uma abordagem semelhante no que se refere à **captação 4**, pode observar-se na Figura 166 que a introdução da carga de benzeno nos segmentos correspondentes à ribeira da Fraga (segmentos 88, 89 e 90 - Figura 163), originam concentrações mais elevadas deste composto junto à referida captação, comparativamente à situação da introdução dessa carga no segmento 78 (Figura 163), no rio Criz. Este comportamento poderá estar relacionado com a hidrodinâmica própria de dois troços da albufeira muito distintos. De facto, o segmento 78 localiza-se num troço do Rio Criz a jusante da **captação 4**, onde é previsível uma velocidade de escoamento mais elevada do que na zona da ribeira da Fraga, que corresponde a uma reentrância da albufeira da Aguieira e onde é provável que a referida velocidade de escoamento e a conseqüente capacidade de dispersão sejam inferiores.

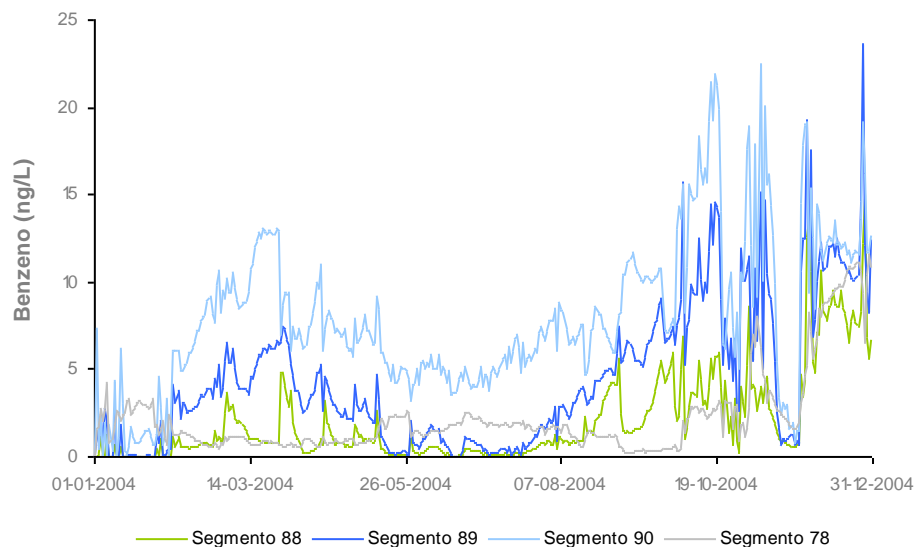


Figura 166. Concentração de benzeno, **captação 4**. Profundidade: 2 metros

Contudo, importa salientar que em ambos os casos analisados, os valores de concentração de benzeno junto às captações são, no absoluto, muito reduzidos. De facto, e comparando os valores da concentração de benzeno obtidos com as simulações, com o valor de referência recomendado pela Agência de Protecção do Ambiente dos Estados Unidos (EPA), para protecção da saúde humana, 0.0022 mg/L, os primeiros são inferiores ao segundo em, no mínimo, duas ordens de grandeza.

Em resumo, das cinco captações existentes no plano de água da albufeira da Agueira, duas delas encontram-se em zona de navegação interdita (**captações 2 e 3**) e a **captação 5** encontra-se protegida pelo facto do seu perímetro de protecção impedir a navegação de embarcações para montante da zona da ribeira de Vale da Ursa, onde a mesma se localiza.

A eventual consideração de zonas interditas à navegação, a montante da captação 1 no rio Mondego e na ribeira da Fraga onde se situa a **captação 4**, como medida preventiva contra eventuais contaminações resultantes de derrames provenientes das embarcações a motor, poderá contribuir para uma protecção acrescida das duas captações em análise, face ao exposto relativamente ao efeito da hidrodinâmica dessas zonas na concentração de benzeno.

11. ANÁLISE DA POTENCIAL INFLUÊNCIA DO CAMPO DE GOLFE PREVISTO PARA A ZONA DE FALGOROSO DO MAIO NA QUALIDADE DA ÁGUA DA ALBUFEIRA DA AGUIEIRA

11.1 - Introdução

No regulamento do POAA está prevista a construção de um campo de golfe, no concelho de Mortágua, numa área de desenvolvimento turístico com 67 ha, localizada na zona de confluência entre o rio Criz e o rio Dão (Figura 167).

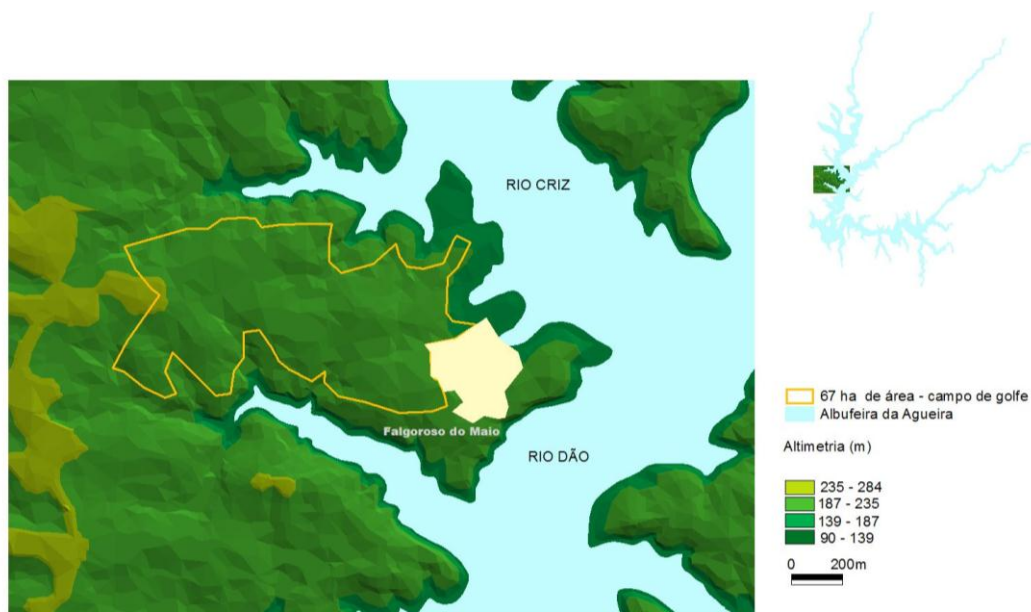


Figura 167. Localização prevista para o campo de golfe

O artigo 21.º do regulamento do POAA, relativo ao saneamento básico, inibe qualquer tipo de poluição da albufeira da Agueira resultante da implementação do campo de golfe. No referido artigo pode ler-se: “O projecto para o campo de golfe mencionado na alínea c) do n.º 1 do artigo 33.º do presente regulamento deverá comprovar que essa utilização não determina a contaminação do plano de água por nutrientes e produtos fitossanitários, quer por infiltração, quer por escoamento superficial devendo ainda assegurar a implementação de um sistema de drenagem que assegure a recolha destas águas, respectivo armazenamento e tratamento.”

Se o disposto no Regulamento do POAA for implementado de forma correcta e efectiva, não será previsível qualquer degradação significativa da qualidade da água da albufeira da Agueira em resultado da fertilização das diferentes zonas deste campo de golfe. No entanto, entendeu-se que seria útil proceder à simulação da afluência de uma carga poluente de azoto (N) e de fosfatos (P2O5) à massa de água, ao longo do ano de 2004, para avaliar os potenciais efeitos dessa afluência em função de um potencial incumprimento do consignado no Regulamento do POAA. Essa simulação foi realizada com o modelo CE-QUAL-W2, tendo por base o cenário 0 (situação de referência), que foi previamente calibrado para a referida albufeira, de acordo com o referido no Capítulo 7 do presente

relatório. A carga afluyente considerada incluiu toda a massa de nutrientes utilizada na fertilização dos “tees”, dos “greens” e dos “fairways”, configura-se como particularmente conservativa e, conseqüentemente, como a mais gravosa para a qualidade da água da albufeira da Agueira.

11.2 - Metodologia

Após uma revisão bibliográfica de estudos relativos à poluição de águas doces superficiais através do escoamento superficial e subterrâneo de águas que percolam por áreas de cultivo intensivo de gramíneas, seleccionaram-se os estudos que referenciassem as quantidades de fertilizantes usualmente utilizadas em campos de golfe.

Como resultado dessa revisão bibliográfica obtiveram-se os valores apresentados no Quadro 30, que correspondem aos valores médios de nutrientes (azoto e fósforo) aplicados nos relvados de vários campos de golfe localizados no sul de Portugal, mais especificamente na região do Algarve (Universidade do Algarve, 2004).

Quadro 30. Cargas unitárias de N e de P_2O_5 utilizadas nas diferentes zonas de um campo de golfe, e discretização temporal da fertilização (Fonte: Universidade do Algarve, 2004)

Época do Ano	Greens (kg/ha)		Tees (kg/ha)		Fairways (kg/ha)		Roughs (kg/ha)	
	N	P_2O_5	N	P_2O_5	N	P_2O_5	N	P_2O_5
Dezembro- Fevereiro	94	30	16	2	6	0	20	10
Março -Maio	34	10	138	24	146	24	66	24
Junho - Agosto	86	36	108	24	114	24	72	22
Setembro - Novembro	28	6	38	10	40	16	42	20

Após a obtenção das cargas de N e de P_2O_5 aplicadas por ha, foi necessário considerar a dimensão das diferentes zonas constituintes do campo de golfe. Assim, admitiu-se que o campo teria a dimensão total de 60 ha, valor usualmente associado à generalidade dos campos de golfe de dezoito buracos. A distribuição da área total pelas zonas que constituem um campo de golfe foi realizada de acordo com os valores que se encontram no Quadro 31, e que correspondem aos valores médios dos campos de golfe em Portugal, de acordo com Antunes e Coutinho (2004).

Assim, determinaram-se os valores de carga de N e de P_2O_5 aplicados na totalidade do campo de golfe, que posteriormente foram incluídos no modelo CE-QUAL-W2 (Quadro 32), considerando-se, conservativamente, que toda a carga de N e de P_2O_5 aplicada no campo afluiria à massa de água. Os valores de carga total de N e de P_2O_5 obtidos para cada uma das épocas de fertilização consideradas (Quadro 30) foram incluídos no modelo, na sua totalidade, ao longo do primeiro dia de cada um dos meses referenciados no (Quadro 32), o que reforça a abordagem conservativa referida anteriormente.

Quadro 31. Dimensão das diferentes áreas de um campo de golfe (Fonte: Antunes e Coutinho, 2004).

Zona do campo de golfe	Áreas médias dos campos em Portugal (%)	Área considerada para o campo em análise (%)	Área considerada para o campo em análise (ha)
Greens	< 5	4	2.4
Tees	3 - 6	6	3.6
Fairways	20 - 30	30	18
Roughs	10 - 20	20	12
Áreas naturais e outras áreas	40 - 60	40	24

Quadro 32. Cargas de N e de P₂O₅ geradas no campo de golfe e discretização temporal da entrada dessas cargas na albufeira da Aguieira

Discretização temporal	Greens (kg)		Tees (kg)		Fairways (kg)		Roughs (kg)		Total (kg)	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
1 de Janeiro	226	72	58	7	108	0	240	120	632	199
1 de Abril	82	24	497	86	2628	432	792	288	3999	830
1 de Julho	206	86	389	86	2052	432	864	264	3511	868
1 de Outubro	67	14	137	36	720	288	504	240	1428	578

O caudal associado ao transporte/arrastamento da carga poluente de N e de P₂O₅ para a massa de água, corresponde à soma do escoamento resultante da precipitação, que ocorreu ao longo do ano de 2004, com os valores de caudal gerados pela rega nas zonas irrigadas do campo de golfe, tendo-se considerado um coeficiente de escoamento de 0.2.

Os valores de rega foram obtidos num estudo que inclui valores médios de rega de vários campos de golfe localizados em Portugal, da autoria de Antunes e Coutinho (2004) (Quadro 33).

Quadro 33. Valores médios de rega de vários campos em Portugal (Antunes e Coutinho, 2004)

Mês	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
m ³ /ha	238	572	950	1394	1198	552	54

Os dados recolhidos permitiram proceder à simulação da afluência da carga poluente de N e de P₂O₅, considerando dois cenários diferentes ao nível do meio receptor, mas mantendo inalteráveis as condições inerentes à afluência da referida carga poluente.

O primeiro desses cenários corresponde à situação de referência em termos de qualidade da albufeira da Aguieira, inerente ao ano civil de 2004, que foi já utilizada anteriormente no âmbito do presente relatório, e designou-se por **Cenário 1 de Referência**.

O segundo cenário designou-se por **Cenário 2 de Referência**. Este cenário foi desenvolvido considerando que a qualidade da água da albufeira da Agueira é significativamente melhor do que o actualmente verificado, de forma a que fosse possível avaliar o efeito de potenciais descargas associadas ao campo de golfe, numa situação hipotética, em que a qualidade da água da albufeira da Agueira apresentasse valores característicos de uma massa de água oligotrófica.

A definição deste cenário de simulação foi realizada alterando os valores da concentração inicial de P-PO₄ e de N-NO_x da massa de água no início da simulação (condições iniciais) e os valores que caracterizam as diversas fontes poluentes afluentes à albufeira da Agueira. Os valores de concentração considerados tiveram como base 0.01 mg/L de P total e 25 mg/L de NO₃, que correspondem ao limite superior do estado oligotrófico, segundo a OCDE (OCDE, 1982) e ao VMR da classe A1 relativa à qualidade da água para consumo humano estipulado pelo Decreto-Lei n.º236/98 de 1 de Agosto, respectivamente.

11.3 - Análise de resultados

Os valores da carga de P₂O₅ e de N foram incluídos no modelo CE-QUAL-W2 na forma de P-PO₄ e de N-NO_x.

Nas Figuras 168 e 169 podem-se observar os valores de P-PO₄ e de N-NO_x que correspondem a séries temporais obtidas durante o ano de 2004, imediatamente a jusante da descarga poluente, a uma profundidade de 2 m, e considerando o **Cenário 1 de Referência**. A análise das referidas figuras evidencia o reduzido efeito da afluência da carga de nutrientes proveniente do campo de golfe na qualidade da água da albufeira da Agueira, apesar da abordagem conservativa que presidiu à metodologia adoptada.

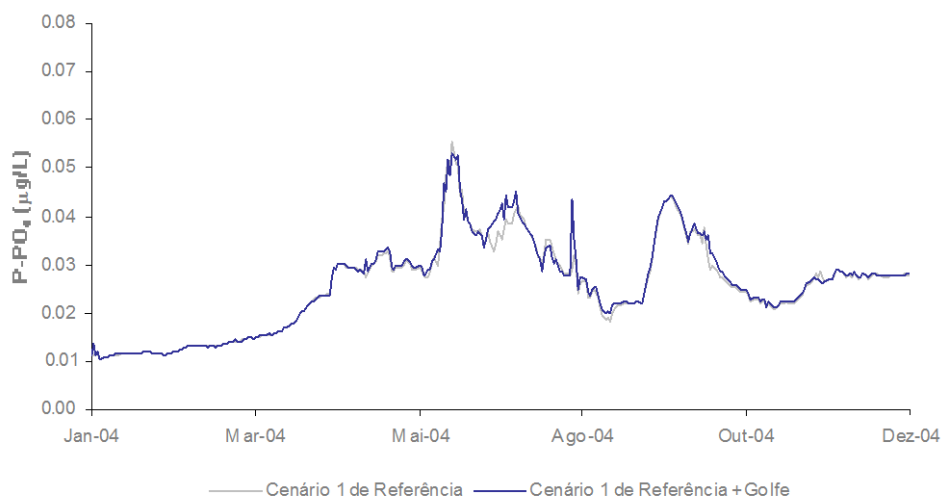


Figura 168. Concentração de P-PO₄ no rio Dão, a uma profundidade de 2 m, imediatamente a jusante do campo de golfe

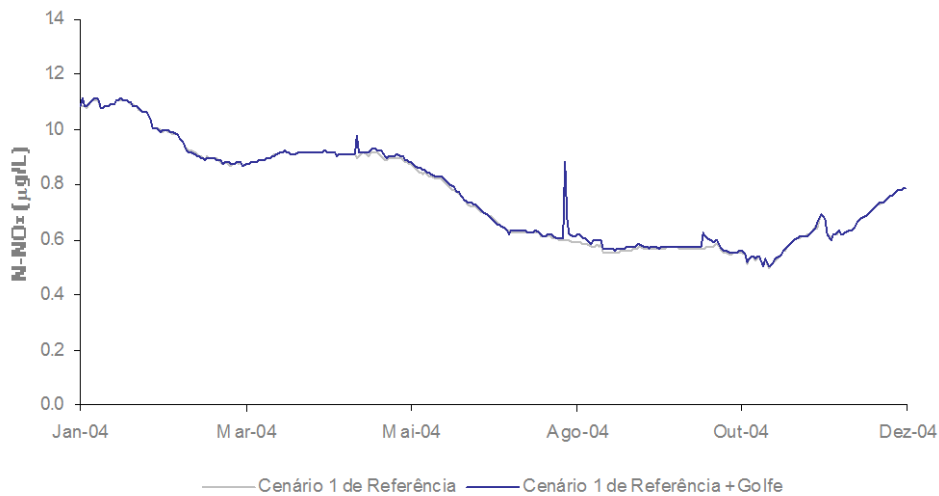


Figura 169. Concentração de $N-NO_x$ no rio Dão, a uma profundidade de 2 m, imediatamente a jusante do campo de golfe

Para além da avaliação realizada imediatamente a jusante do campo de golfe, foi igualmente analisada a potencial variação das concentrações de $P-PO_4$ e de $N-NO_x$ registadas em termos médios na zona da albufeira correspondente ao rio Dão (ramo 2), em função da descarga poluente proveniente do referido campo de golfe. Nas Figuras 170 e 171, pode observar-se que, tal como para os valores obtidos imediatamente a jusante do campo de golfe, as alterações resultantes da afluência das cargas de nutrientes consideradas, nos valores médios da concentração de $N-NO_x$ e de $P-PO_4$ no ramo 2, considerando o **Cenário 1 de Referência**, são muito reduzidas.

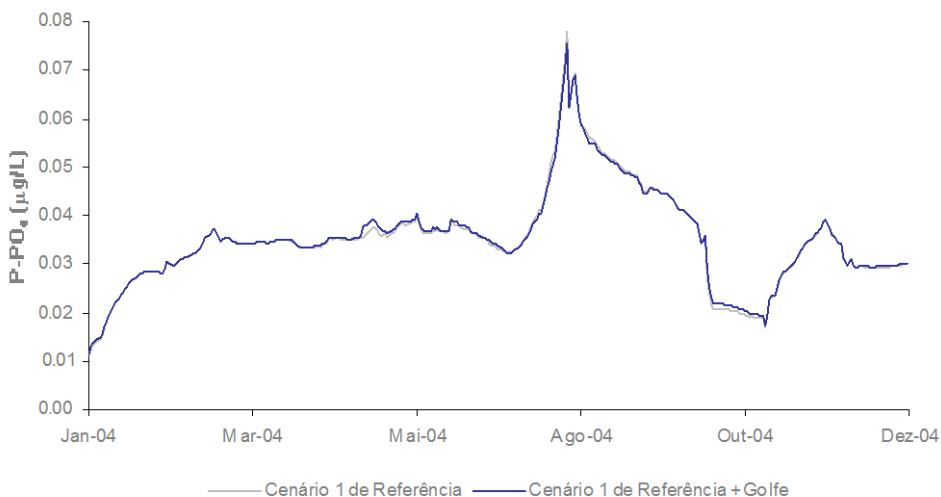


Figura 170. Concentração média de $P-PO_4$ no ramo 2 da albufeira da Aguieira

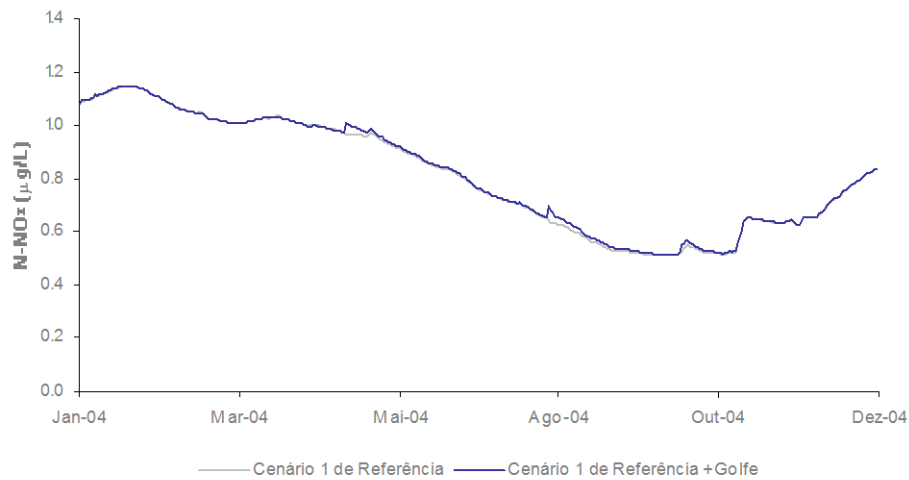


Figura 171. Concentração média de N-NO_x no ramo 2 da albufeira da Aguieira

Os resultados obtidos com a consideração do **Cenário 2 de Referência** (Figuras 172, 173, 174 e 175), que se caracteriza pela alteração da situação de referência da massa de água através de uma melhoria quantitativa da concentração de P-PO₄ e de N-NO_x na mesma, evidenciam de forma mais sensível, apenas em termos relativos e não absolutos, o potencial efeito negativo que a afluência da carga poluente gerada pelo campo de golfe poderá ter na qualidade da água da albufeira, face à consideração deste cenário.

Nas Figuras 172 e 173 são apresentadas as séries temporais obtidas durante o ano de 2004, imediatamente a jusante da descarga poluente, a uma profundidade de 2 m, e considerando o **Cenário 2 de Referência**. De acordo com o atrás referido, e comparativamente aos resultados obtidos com o **Cenário 1 de Referência**, pode verificar-se, nomeadamente em relação ao P-PO₄, que os valores absolutos, são como seria de esperar, mais baixos, mas as variações relativas determinadas pela potencial afluência das cargas poluentes associadas ao campo de golfe fazem-se sentir de forma mais evidente.

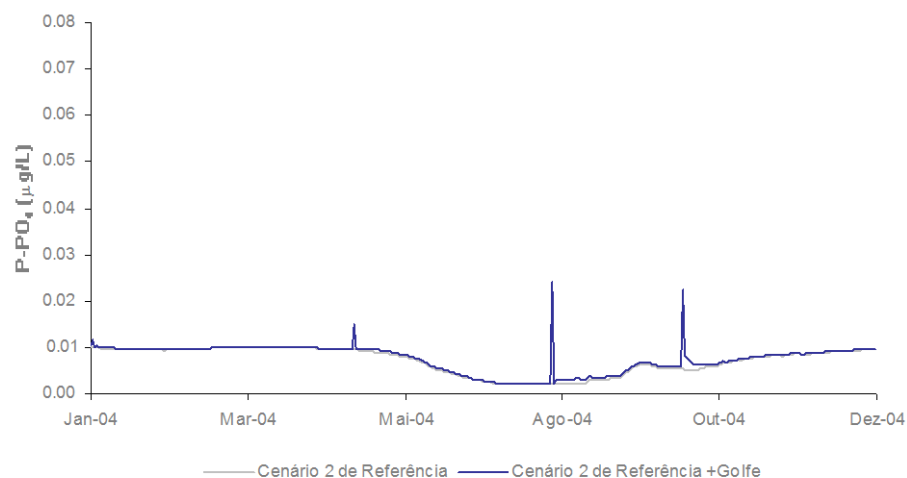


Figura 172. Concentração de P-PO₄ no rio Dão, a uma profundidade de 2 m, imediatamente a jusante do campo de golfe

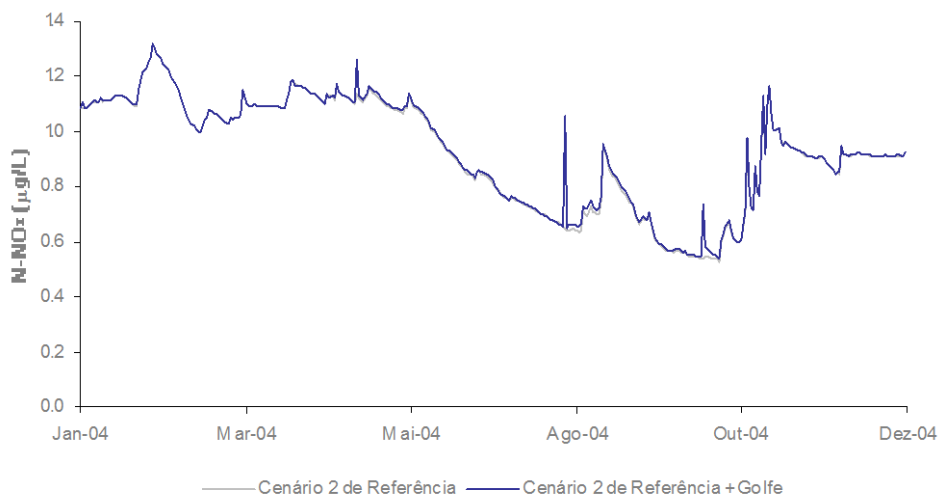


Figura 173. Concentração de N-NO_x no rio Dão, a uma profundidade de 2 m, imediatamente a jusante do campo de golfe

Na Figura 174, em que é apresentada a variação média anual da concentração de P-PO₄ no ramo 2 (rio Dão) da albufeira da Aguieira, pode verificar-se um aumento da concentração deste parâmetro, que se mantém, em média, pelo período de tempo de um mês após a afluência da descarga poluente associada ao campo de golfe.

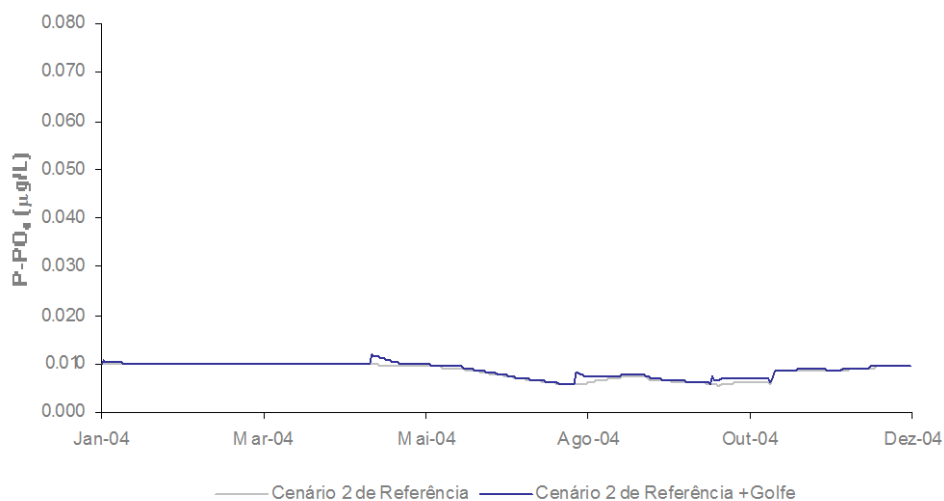


Figura 174. Concentração média de P-PO₄ no ramo 2 da albufeira da Aguieira

Considerando a mesma situação mas relativamente à concentração média de N-NO_x (Figura 175), verifica-se que o correspondente aumento relativo é muito menos evidente do que o verificado para os valores de concentração de P-PO₄. No entanto, observa-se pontualmente um ligeiro aumento da concentração deste parâmetro em função da potencial descarga associada ao campo de golfe.

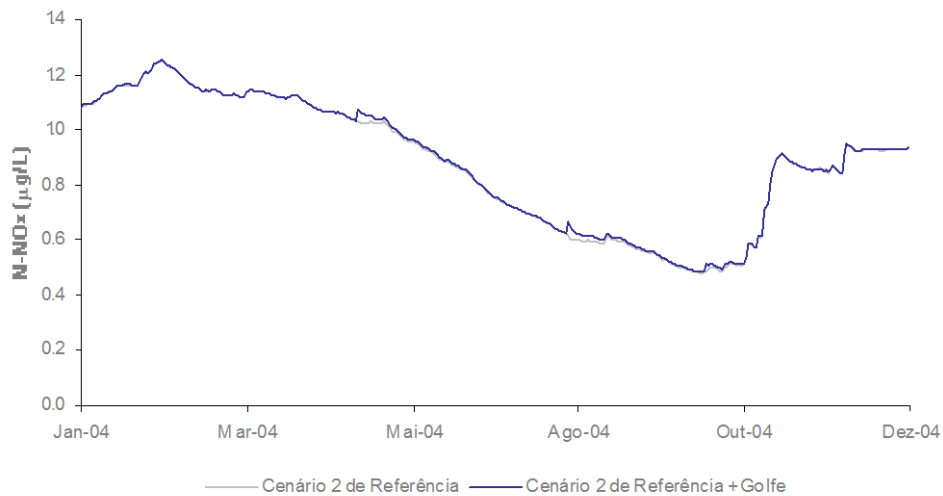


Figura 175. Concentração média de N-NO_x no ramo 2 da albufeira da Aguieira

Na Figura 176 pode observar-se um corte longitudinal do ramo 2 (rio Dão) da albufeira da Aguieira, que permite identificar o local da descarga poluente e a consequente variação da concentração de P-PO₄ e de N-NO_x na massa de água, sendo evidenciado o aumento localizado da concentração de nutrientes, com destaque para o P-PO₄, face à consideração do **Cenário 2 de Referência**.

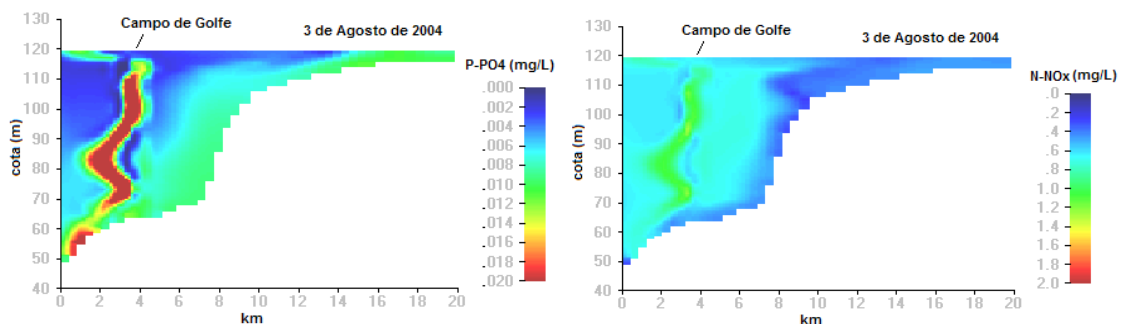


Figura 176. Corte longitudinal da albufeira da Aguieira relativo à concentração de P-PO₄ e N-NO_x - Cenário 2 de Referência + Golfe

No Quadro 34 é apresentado o aumento percentual da concentração de P-PO₄ e de N-NO_x na albufeira da Aguieira, face à descarga poluente potencialmente gerada pelo campo de golfe. Para ambos os cenários de simulação foram analisadas duas situações:

- aumento percentual médio da concentração de P-PO₄ e de N-NO_x no ramo 2 da albufeira (rio Dão);
- aumento percentual da concentração de P-PO₄ e de N-NO_x, verificado imediatamente a jusante do local de implantação do campo de golfe e no momento da descarga poluente de maior significado, que ocorre no dia 2 de Agosto do ano submetido a simulação (2004).

Quadro 34. Variação média e pontual dos valores de concentração de P-PO₄ e de N-NO_x, determinada pela potencial descarga poluente gerada pelo campo de golfe

Cenário de simulação	a)		b)	
	% P-PO ₄	% N-NO _x	% P-PO ₄	% N-NO _x
Cenário 1 de Referência	0.3	0.6	34	32
Cenário 2 de Referência	3.3	0.5	92	38

A análise do Quadro 34 reforça o referido anteriormente na análise de resultados. Com efeito, verifica-se que a consideração do **Cenário 1 de Referência** determina valores significativamente mais elevados da concentração de P-PO₄ e de N-NO_x, comparativamente aos obtidos quando se considera o Cenário 2 de Referência. Por outro lado, o aumento percentual dos valores dessas concentrações é bastante maior quando se considera o **Cenário 2 de Referência** comparativamente ao verificado quando se simula o **Cenário 1 de Referência**. Esta situação determinou a conclusão, anteriormente apresentada, de que a consideração do **Cenário 2 de Referência** evidencia de forma mais sensível, apenas em termos relativos e não absolutos, o potencial efeito negativo que a afluência da carga poluente gerada pelo campo de golfe poderá ter na qualidade da água da albufeira.

Tendo em consideração as limitações legais impostas pelo regulamento do POAA, relativamente à construção e gestão do campo de golfe, que impedem a contaminação do plano de água com nutrientes, e a relativa facilidade com que a fertilização pode ser realizada para que se obtenha um equilíbrio entre a quantidade assimilável de azoto e de fósforo existente no solo e as necessidades da cultura de gramíneas usualmente utilizadas, conclui-se que não é expectável que surjam efeitos negativos na qualidade da água da albufeira da Aguieira, decorrentes da construção de um campo de golfe junto à população de Falgoroso do Maio.

Com efeito, mesmo adoptando uma abordagem extremamente conservativa, correspondente à que foi desenvolvida, verificou-se que o potencial efeito das descargas associadas ao campo de golfe apenas se faz sentir de forma pouco significativa e relativamente localizada, embora mais sensível, em termos relativos, face à consideração do **Cenário 2 de Referência**.

12. CONCLUSÕES

A implementação dos cenários de simulação, nomeadamente no que diz respeito à estimativa das cargas poluentes geradas na área de intervenção do Plano de Ordenamento, foi dificultada pelas lacunas de informação existentes no documento “Estudos de Base – Plano de Ordenamento da Albufeira da Aguieira, versão revista, 2005”, que serviu de base a este estudo. No presente relatório encontra-se sintetizada e organizada informação que permite uma avaliação integrada das diferentes fontes poluidoras e das cargas geradas pelas mesmas, localizadas na área de intervenção do POAA e na bacia hidrográfica do rio Mondego a montante da secção da barragem da Aguieira.

Os resultados obtidos com a simulação dos diferentes cenários desenvolvidos, evidenciam a eficácia das medidas de redução de carga poluente na salvaguarda da qualidade da água da albufeira da Aguieira. De facto, prevê-se que, se as medidas preconizadas no regulamento do POAA relativas à construção de edifícios para habitação na área de intervenção do POAA forem aplicadas, nomeadamente no que se refere às regras inerentes ao tratamento/confinamento das águas residuais, a qualidade da água da albufeira será preservada.

Relativamente à construção de empreendimentos turísticos, a conclusão é análoga, uma vez que o tratamento terciário das águas residuais produzidas pelos mesmos, previsto no regulamento do POAA minimiza o potencial efeito que estas poderão ter na qualidade da água da albufeira. No entanto, deve referir-se que esta conclusão apenas prevalece em função da aplicação rigorosa das eficiências de remoção consideradas pelo tratamento terciário de águas residuais.

A tendência para a eutrofização que prevalece na albufeira da Aguieira, resultante da conjugação de descargas poluentes pontuais de origem urbana e industrial e da poluição difusa de origem urbana, industrial, agrícola e florestal, com origem na bacia hidrográfica do rio Mondego, pode ser atenuada com a melhoria das redes de drenagem e com o tratamento secundário de todas as águas residuais urbanas e industriais geradas ao nível da bacia hidrográfica.

Os resultados do modelo indicam que o tratamento terciário de todas as águas residuais geradas seria determinante para uma melhoria significativa da qualidade da água da albufeira. No entanto, os mesmos resultados permitem igualmente verificar que com o tratamento secundário de todas as águas residuais urbanas e industriais terá efeitos, muitos positivos na qualidade da água da albufeira.

Relativamente à análise efectuada aos perímetros de protecção das captações superficiais consideradas, concluiu-se que a interdição da navegação recreativa a motor a montante dessas captações, como medida preventiva contra eventuais contaminações resultantes de potenciais derrames, poderá contribuir para uma protecção acrescida das referidas captações.

A avaliação da influência da fertilização do campo de golfe junto à população de Falgoroso do Maio, cuja construção se encontra prevista no POAA, sobre a qualidade da água da albufeira da Aguieira, permitiu concluir que não são expectáveis efeitos negativos significativos na qualidade da água desta albufeira, decorrentes da implementação desse projecto. Contudo, esses potenciais efeitos negativos serão localmente mais sensíveis, se se vier a verificar uma melhoria significativa da qualidade da água da albufeira da Aguieira, correspondente à sua classificação como oligotrófica.

13. BIBLIOGRAFIA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), (1997). *Toxicological Profile for Benzene*.
- Antunes, C.R and Coutinho, M.A. (2004). *Leisure Activities and Recreation in Tourism Landscapes – An Environmental Strategy for Golf in Portugal*.
- CEHI (2004). *Directory of Environmentally Sound Technologies for the Integrated Management of Solid, Liquid, and Hazardous Waste for SIDS in the Caribbean Region* - Caribbean Environmental Health Institute, March 2004.
- Cole T. M. and Buchak E. M. (1995). *CE-QUAL-W2: A Two Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 2.0. User manual*. Instruction Report EL-95-1, US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Cole, T. M. and Wells, S. A. (2002). *CE-QUAL-W2. A Two Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 3.1. User manual*. Instruction Report EL-02-1, US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Cole, T. M. and Wells, S. A. (2004). *CE-QUAL-W2. A Two Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 3.2. User manual*. Instruction Report E-95-1, US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Crook, J. (1992). *Water Reclamation*. Pp. 559-589 In *Encyclopedia Physical Science and Technology*, Vol. 17. San Diego, Calif.: Academic Press.
- Edinger, J.E., and Buchak, E.M. (1978). *Reservoir Longitudinal and Vertical Implicit Hydrodynamics, Environmental Effects of Hydraulic Engineering Works*, Proceedings of an International Symposium, Knoxville, TN.
- EPA (1985). *Rates, Constants, and Kinetics Formulations is Surface Water Quality Modeling* (Second Editon) Junho, 1985.
- EPA (2002). *Onsite Wastewater Treatment Systems Manual*, U.S. Environmental Protection Agency, EPA/625R-00/008.
- Estudos de Base, POAA (2005) – *Plano de Ordenamento da Albufeira da Aguieira*, versão revista.
- Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique* (2002) <http://menv.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/domestique/index.htm>
- Gruppelaar, P. (2006). Comunicação pessoal através de email, 1 de Maio de 2006.
- MAOT / INAG (2000). Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território / Instituto da Água. *“Plano Nacional da Água”*. Lisboa.
- Martin, J.L. (1987). *Application of a Two Dimensional Model of Hydrodynamics and Water Quality CE-QUAL-W2 to DeGray Lake, Arkansas*, Technical Rpt. E-87-1, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Plano de Bacia Hidrográfica do rio Mondego (2001), Instituto da Água, Lisboa.

Metcalf and Eddy (1991). *Wastewater Engineering: Treatment/Disposal/Reuse*, 3ª Edição McGraw-Hill, New York.

Novotny, V., Olem, H. (1994). *Water Quality - Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution*. New York (EUA), Van Nostrand Reinhold, ISBN 0-442-00559.

Santos, J.Q., (2001). *Campos de Golfe: A Fertilização e a Qualidade do Ambiente*.

Rodrigues, A.C., Diogo, P., Coelho, P., Mateus, N., Almeida, M., Silva, F. (2003). *Identificação de Zonas Sensíveis em Portugal Continental – Águas doces superficiais – Revisão*.

Tanik, A., Baykal, B.B., Gonenc, I.E. (1999). *The Impacts of Agricultural Pollutants in Six Drinking Water Reservoirs*. in *Water Science and Tech.*, 40, 2, Elsevier 1999



**INSTITUTO
DA ÁGUA, I.P.**

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, MAR, AMBIENTE E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO