

**ASSOCIAÇÃO BENEFICIÁRIOS DO PLANO DE
REGA DO SOTAVENTO ALGARVIO**

**ESTUDO PRÉVIO
E ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL
DA BARRAGEM DA FOUPANA**

ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL

RELATÓRIOS TÉCNICOS

**VOLUME 3 – SIMULAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA
ALBUFEIRA DA FOUPANA**

JULHO 2026

INFORMAÇÃO DO PROJETO

Cliente: Associação de Beneficiários do Plano de Rega do Sotavento do Algarve (ABPRSA)

Nome do Projeto: Estudo Prévio e Estudo de Impacte Ambiental da Barragem da Foupana

RFP N.º: Processo 1 / 2024

País: Portugal

Data de Assinatura do

Contrato: 20 de maio de 2024

Autores: AQUALOGUS, Engenharia e Ambiente, Lda. (AQUALOGUS)

INFORMAÇÃO DO ENTREGÁVEL

Entregável: **Estudo de Impacte Ambiental Condicionado**

Escrito em: Português

Preparado por: AQUALOGUS

Rev. N.º	Ref.:	Data	Elaborado	Verificado	Aprovado
0	332.01.02	13/12/2024	DGE, MDM	DGE, FMR	FMR

ÍNDICE GERAL

ÍNDICES

TEXTOS

ÍNDICES

**ASSOCIAÇÃO DE BENEFICIÁRIOS DO PLANO
DE REGA DO SOTAVENTO DO ALGARVE
BARRAGEM DA FOUPANA**

ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL

ÍNDICE DE VOLUMES

RELATÓRIO

VOLUME 1 – PEÇAS ESCRITAS

TOMO 1 – CAPÍTULOS INTRODUTÓRIOS

TOMO 2 – CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA

TOMO 3 – AVALIAÇÃO DE IMPACTES

TOMO 4 – MITIGAÇÃO, MONITORIZAÇÃO E CONCLUSÕES

VOLUME 2 – PEÇAS DESENHADAS

RELATÓRIOS TÉCNICOS

VOLUME 1 – REGIME DE CAUDAIS DE MANUTENÇÃO ECOLÓGICA

VOLUME 2 – SISTEMAS DE TRANSPONIBILIDADE PISCÍCOLA

VOLUME 3 – SIMULAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA DA ALBUFEIRA DA FOUPANA

VOLUME 4 – SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

RESUMO NÃO TÉCNICO

**ASSOCIAÇÃO DE BENEFICIÁRIOS DO PLANO DE REGA
DO SOTAVENTO DO ALGARVE
BARRAGEM DA FOUPANA
ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL**

**RELATÓRIOS TÉCNICOS
VOLUME 3 – SIMULAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA
DA ALBUFEIRA DA FOUPANA**

ÍNDICES

	Pág.
1 INTRODUÇÃO	1
2 METODOLOGIA.....	2
2.1 MODELO COMPUTACIONAL.....	2
2.2 DADOS UTILIZADOS.....	2
2.2.1 Domínio de modelação	2
2.2.2 Caudal.....	5
2.2.3 Qualidade da água.....	8
2.2.4 Dados meteorológicos	10
2.3 CONDIÇÕES DAS SIMULAÇÕES.....	12
2.4 SELEÇÃO DOS PARÂMETROS.....	12
2.5 CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO	12
3 RESULTADOS	13
3.1 ESTRUTURA TÉRMICA DA COLUNA DE ÁGUA	13
3.2 PARÂMETROS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS	17
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
4.1 ALTERAÇÃO DA ESTRUTURA VERTICAL DA COLUNA DE ÁGUA	22
4.2 EUTROFIZAÇÃO DA MASSA DE ÁGUA.....	23
4.3 AVALIAÇÃO CRÍTICA DO MODELO.....	24

QUADROS	Pág.
Quadro 2.1 – Aflúências ao sistema Foupana-Odeleite-Beliche.	5
Quadro 2.2 – Consumos expectáveis aquando da entrada do funcionamento do sistema Foupana-Odeleite-Beliche.	6
Quadro 2.3 – Médias mensais utilizadas para definir as condições da qualidade da água da Ribeira da Foupana, a partir de dados do SNIRH, para a estação Ponte da Foupana (29L/02), entre os anos de 2009 e 2023.	9
Quadro 2.4 – Médias mensais utilizadas para definir as condições meteorológicas de referência no modelo.	11
Quadro 4.1 – Principais características da estrutura vertical da coluna de água num sistema lêntico, como se prevê acontecer após a construção da barragem da Foupana.	23

FIGURAS	Pág.
Figura 2.1 – Segmentos longitudinais considerados na geração da malha de computação, definidos a partir da área inundada estimada.	3
Figura 2.2 – Geometria da albufeira da Foupana no modelo CE-QUAL-W2: vista lateral (perfil longitudinal) da malha computacional.	4
Figura 2.3 – Comparação entre curvas de volumes armazenados (cota-volume) para a futura albufeira da Foupana.	4
Figura 2.4 – Esquematisação da conceção da modelação.	5
Figura 2.5 – Caudais de entrada e de saída considerados durante os cinco anos de simulação da albufeira da Foupana.	8
Figura 2.6 – Valores de entrada (médias mensais) dos parâmetros que caracterizam a qualidade da água da Ribeira da Foupana.	10
Figura 3.1 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a previsão da temperatura junto ao paredão da albufeira da Foupana, à superfície e a 15 metros de profundidade.	14
Figura 3.2 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a evolução do perfil vertical térmico ao longo do ano na albufeira da Foupana (quarto ano de simulação).	15
Figura 3.3 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a evolução do perfil longitudinal da temperatura na coluna de água da albufeira da Foupana (quarto ano de simulação).	16
Figura 3.4 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a previsão do oxigénio dissolvido junto ao paredão da albufeira da Foupana, à superfície e a 15 metros de profundidade.	18
Figura 3.5 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a previsão da clorofila-a junto ao paredão da albufeira da Foupana, à superfície e a 15 metros de profundidade.	19
Figura 3.6 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a evolução do perfil longitudinal de oxigénio dissolvido e de biomassa de microalgas na coluna de água da albufeira da Foupana (quarto ano de simulação).	19
Figura 3.7 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a previsão da concentração de nitrato+nitrito junto ao paredão da albufeira da Foupana, à superfície e a 15 metros de profundidade.	21
Figura 3.8 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para o perfil vertical de alguns parâmetros em julho, junto ao paredão da albufeira da Foupana (quarto ano de simulação).	21

TEXTO

1 INTRODUÇÃO

A gestão sustentável dos recursos hídricos é um desafio crescente, especialmente em regiões de clima mediterrânico, como o sul de Portugal, onde a disponibilidade de água é fortemente condicionada pela variabilidade sazonal e interanual. Neste contexto, a construção de infraestruturas hidráulicas, como barragens e albufeiras, tem sido uma solução recorrente para regularizar os recursos hídricos e assegurar a sua utilização para consumo humano, agricultura e outros fins. No entanto, estas estruturas podem alterar significativamente o equilíbrio hidrológico e ecológico, sendo fundamental avaliar os seus impactes antes da sua implementação.

O presente relatório centra-se na modelação da qualidade da água da futura albufeira da Foupána, localizada na ribeira com o mesmo nome. Esta albufeira terá um papel estratégico na gestão integrada dos recursos hídricos da região, ao alimentar por um sistema de vasos comunicantes outras albufeiras. Dada a importância deste projeto, torna-se imprescindível prever e quantificar as condições físicas, químicas e ecológicas do sistema aquático, tanto em cenários de referência, como em cenários futuros de exploração.

Para atingir estes objetivos, foi utilizado o modelo computacional CE-QUAL-W2, simulando a dinâmica hidrodinâmica e a qualidade da água da futura albufeira. Este modelo permite avaliar o estado trófico do sistema e prever potenciais alterações associadas a diferentes cenários de gestão e de variações ambientais. Além disso, proporciona uma base científica para a implementação de estratégias de mitigação e adaptação que garantam a sustentabilidade do uso da água a longo prazo.

Este estudo contribui, assim, para uma abordagem integrada e preditiva na gestão dos recursos hídricos, alinhando-se com os princípios estabelecidos pela Diretiva-Quadro da Água (2000/60/CE). Os resultados obtidos podem também servir de referência para projetos semelhantes em regiões com características climáticas e hidrológicas comparáveis, fortalecendo a capacidade de adaptação e resiliência face às mudanças climáticas e aos desafios socioeconómicos emergentes.

Este trabalho está organizado da seguinte forma:

- **Capítulo 2:** descrição da metodologia utilizada, referindo o modelo computacional utilizado, a origem dos dados e informação utilizados para caracterização da zona de interesse;
- **Capítulo 3:** apresentação e análise dos principais resultados da modelação;
- **Capítulo 4:** resumo das principais conclusões do estudo, com destaque para a relevância do estudo de modelação.

2 METODOLOGIA

Cada albufeira possui características próprias e está sob a influência de condições ambientais específicas da zona geográfica em que se encontra. No entanto, estes sistemas representam massas de água com características físicas, químicas e ecológicas relativamente semelhantes. Isto significa que os processos que controlam a dinâmica destes sistemas podem ser simulados com modelos computacionais orientados por processos (mecanicistas ou fenomenológicos), capazes de reproduzir as leis físicas que regem os diferentes fenómenos naturais, assim como as reações químicas e biológicas que moldam estes sistemas. Desta forma, tais modelos são suficientemente genéricos para serem aplicados a diferentes sistemas, mas capazes de considerar as características particulares de cada albufeira e determinar a evolução dos diferentes constituintes que influenciam a sua qualidade da água.

2.1 MODELO COMPUTACIONAL

A ferramenta computacional utilizada neste estudo denomina-se CE-QUAL-W2 e é um modelo hidrodinâmico e de qualidade da água, bidimensional e transversalmente homogêneo¹. Este modelo numérico permite a simulação de massas de água sujeitas a fluxos de entrada e saída de água variáveis ao longo do tempo, o que o classifica como um modelo dinâmico capaz de simular variações espaciais e temporais (por exemplo, sazonais) da qualidade da água. Este modelo computacional é, portanto, particularmente adequado para estudos de massas de água que apresentem gradientes verticais e longitudinais de qualidade da água e, simultaneamente, possam ser consideradas como transversalmente homogêneas. A albufeira prevista da Foupana enquadra-se nesta descrição.

A implementação do modelo requer um conjunto de dados para caracterizar as condições físicas da zona de estudo, assim como para definir a gama de valores de diversos parâmetros ambientais que influenciam a dinâmica hidrológica e ecológica da futura albufeira. Este conjunto de dados inclui a batimetria, valores típicos de diversos parâmetros (utilizados como condições iniciais das simulações), condições meteorológicas, caudais afluentes e descarregados, e concentrações dos principais constituintes nos caudais afluentes.

2.2 DADOS UTILIZADOS

2.2.1 Domínio de modelação

A grelha batimétrica permite representar o volume que será ocupado pela massa de água na albufeira. Esta grelha é constituída por células de cálculo que dividem o domínio de modelação

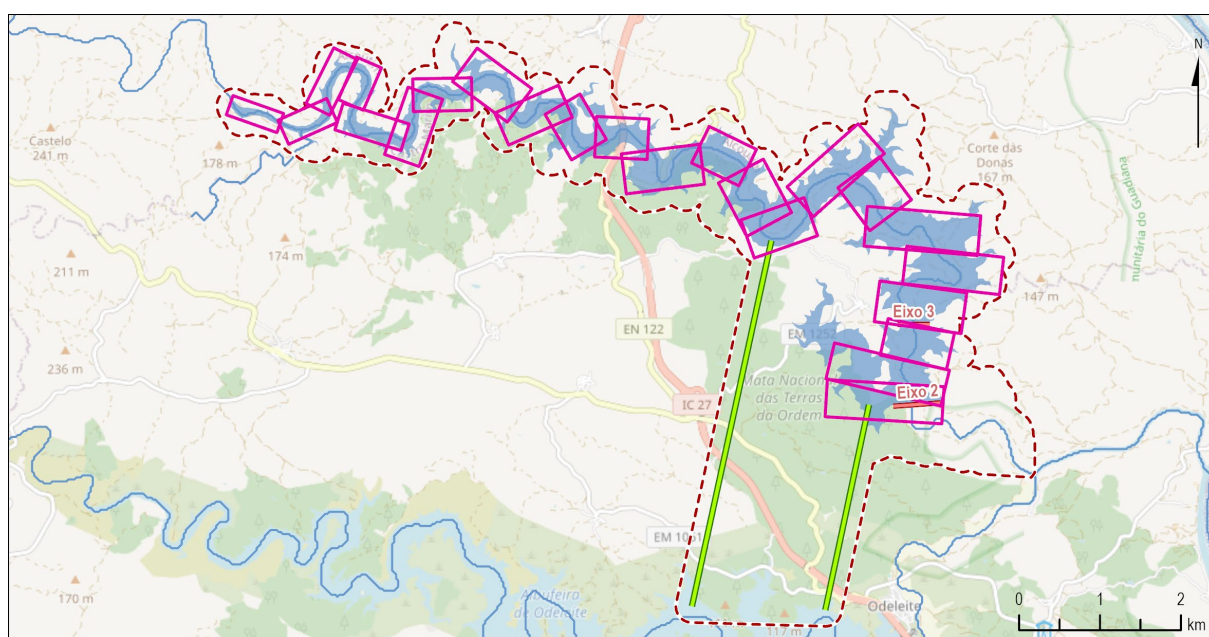
¹ Cole, T. M., Wells, S.A. (2002). CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 3.1. Instruction Report EL-2002-1, US Army Engineering and Research Development Center, Vicksburg, USA.

tanto verticalmente, em camadas, quanto longitudinalmente, em segmentos. Para este estudo, a grelha foi gerada a partir da área inundada prevista para a cota máxima de operação. Os segmentos longitudinais foram ajustados com larguras e comprimentos variáveis para acompanhar a orografia do terreno (**Figura 2.1**), resultando em um total de 21 segmentos, conforme ilustrado na **Figura 2.2**.

Para a definição das camadas verticais da grelha, foram considerados o Nível de Pleno Armazenamento (cota 52) e o Nível de Máxima Cheia (cota 52,93). Assim, a grelha vertical foi dividida em 34 camadas:

- Camadas de 1 metro de altura entre as cotas 52 e 33;
- Camadas de 2 metros de altura entre a cota 33 e o fundo (cota 3).

Para validar a geometria construída e garantir a sua adequação às simulações, foi realizada uma comparação entre a curva de volumes armazenados gerada pelo modelo e a curva de volumes do projeto original. Os resultados, apresentados na **Figura 2.3**, indicam que o modelo descreve uma curva de volumes bastante semelhante à do projeto, confirmando que a geometria modelada reproduz adequadamente a relação cota-volume da albufeira, um pré-requisito essencial para a modelação do sistema.



Legenda

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| Área de estudo | Rede hidrográfica |
| ELEMENTOS DE PROJETO | Segmentos para modelação |
| Túneis em estudo | |
| Eixos em estudo | |
| Nível de Pleno Armazenamento | |

Figura 2.1 – Segmentos longitudinais considerados na geração da malha de computação, definidos a partir da área inundada estimada.

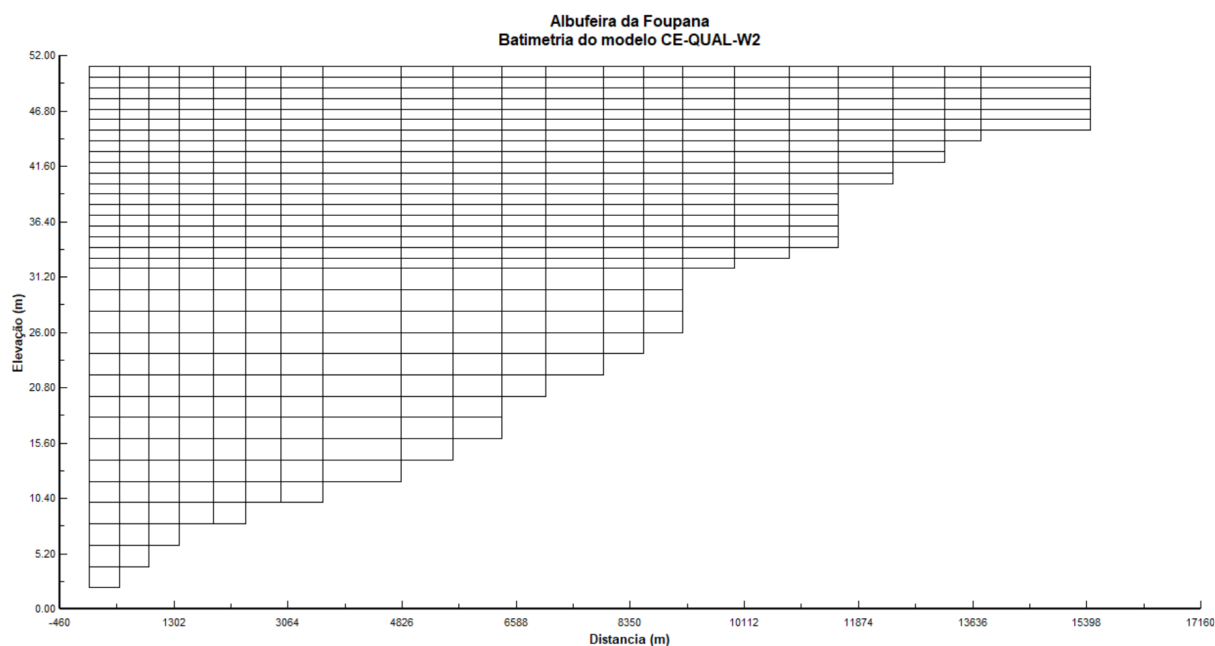


Figura 2.2 – Geometria da albufeira da Foupana no modelo CE-QUAL-W2: vista lateral (perfil longitudinal) da malha computacional.

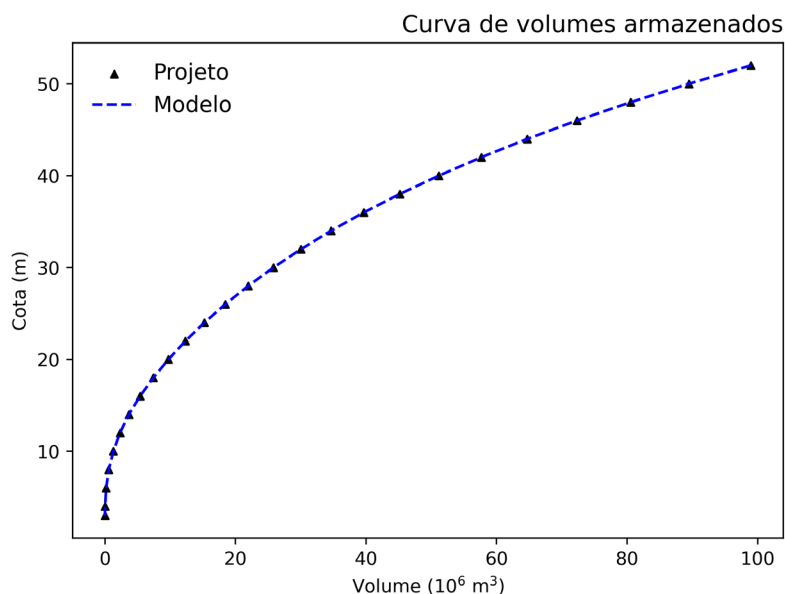


Figura 2.3 – Comparação entre curvas de volumes armazenados (cota-volume) para a futura albufeira da Foupana.

Dado que a barragem da Foupana, alvo de avaliação no presente documento, será responsável pelo reforço de um sistema já existente composto por outras duas barragens (Odeleite e Beliche), admitiu-se a simplificação apresentada na **Figura 2.4**. Este esquema pretende expor que se teve em conta, primariamente, o balanço verificado entre as afluências de Odeleite e Beliche e respetivos consumos, sendo que a albufeira da Foupana alimentará

o sistema apenas quando este for negativo. O reforço do sistema ocorrerá tendo em conta o único consumo verificado na albufeira da Foupana: a libertação de caudal ecológico.

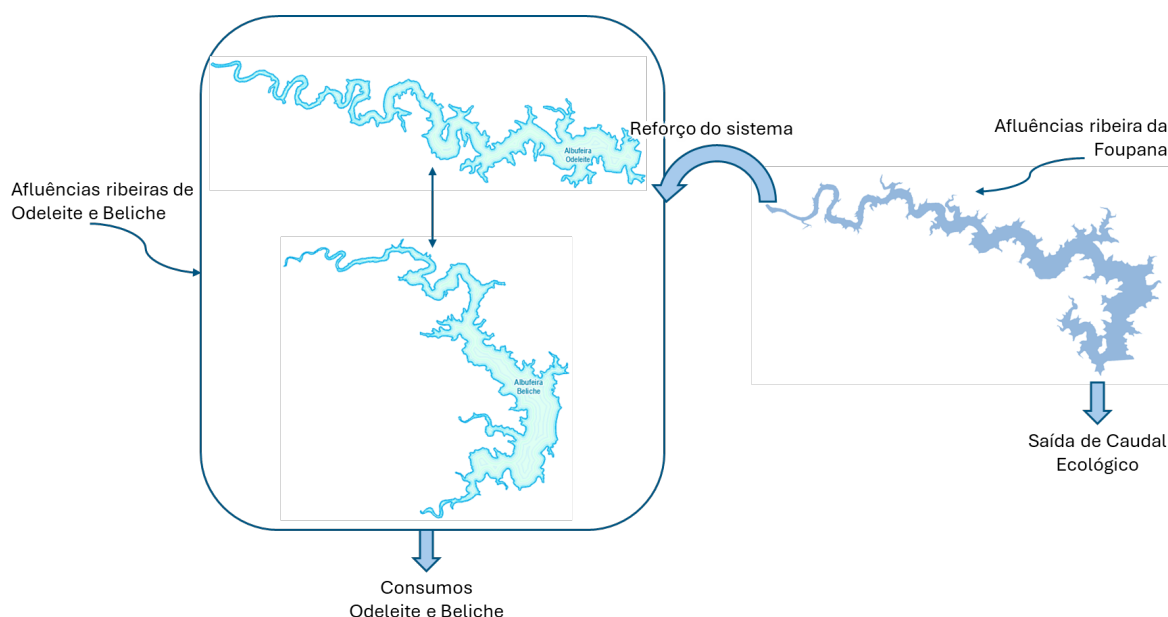


Figura 2.4 – Esquematização da conceção da modelação.

2.2.2 Caudal

Para simular a qualidade da água de uma albufeira, é essencial estimar os caudais de entrada, provenientes das afluições do rio, e os caudais de saída, relacionados aos consumos no sistema. Dado que o sistema funcionará contando com 3 albufeiras (Foupana, Odeleite e Beliche), tiveram-se em conta as afluições das três ribeiras, assim como os consumos atualmente registados no sistema existente (Odeleite-Beliche).

No presente Projeto, os caudais de entrada correspondem às afluições que chegam ao sistema. Estas irão influenciar não só a quantidade de água retida, como a qualidade da água recebida. Os dados de caudal médio diário disponíveis foram analisados, existindo para o efeito um total 20 anos, entre o período de 1993/94 até 2022/23 quer para Odeleite-Beliche como para a ribeira da Foupana, tendo sido agregados no **Quadro 2.1**.

Quadro 2.1 – Afluições ao sistema Foupana-Odeleite-Beliche.

	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	ANUAL
1993-1994	19,7	36,4	15,0	30,0	42,6	3,4	1,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	149
1994-1995	1,7	2,0	9,8	11,7	16,8	5,9	3,0	2,6	2,1	0,9	0,0	0,0	57
1995-1996	8,4	14,1	156,8	217,1	26,9	101,5	38,3	8,0	1,4	0,1	0,0	10,0	583
1996-1997	0,0	0,0	129,9	114,5	10,3	1,9	2,4	0,8	0,9	0,1	0,0	0,0	261
1997-1998	5,0	109,1	93,5	45,7	77,7	2,6	1,6	1,2	0,4	0,0	0,0	0,0	337
1998-1999	0,0	0,0	0,0	2,1	0,8	31,5	1,1	2,2	0,1	0,0	0,0	0,0	38
1999-2000	3,0	4,4	13,3	14,8	2,8	1,0	34,1	69,2	0,9	0,2	0,0	0,0	144

	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	ANUAL
2000-2001	0,0	0,0	22,3	35,9	51,7	128,9	3,8	6,4	0,2	0,1	0,0	0,0	249
2001-2002	2,6	4,8	32,0	56,9	25,8	21,2	16,6	1,1	0,4	0,0	0,0	2,9	164
2002-2003	66,5	10,5	45,6	12,9	17,9	6,5	13,0	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	174
2003-2004	26,6	43,0	34,1	6,0	26,3	9,2	2,6	2,0	0,3	0,0	0,0	0,0	150
2004-2005	0,1	0,4	4,6	2,5	0,6	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	9
2005-2006	0,7	110,4	45,8	31,4	21,0	38,2	4,5	0,4	1,4	0,2	0,0	0,0	254
2006-2007	45,4	90,7	25,5	2,4	7,4	1,9	1,3	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	175
2007-2008	5,3	0,5	20,4	16,9	57,7	6,6	60,2	2,8	0,2	0,0	0,0	0,0	171
2008-2009	2,9	0,4	3,3	25,4	33,2	1,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67
2009-2010	1,4	2,9	120,4	109,7	123,8	69,4	40,1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	470
2010-2011	0,2	0,2	110,0	36,6	10,7	83,1	46,9	13,7	0,9	0,0	0,0	0,0	302
2011-2012	0,0	8,3	2,1	0,5	0,7	3,1	4,1	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	22
2012-2013	5,1	44,6	10,9	8,6	6,9	84,4	15,8	4,0	0,3	0,0	0,0	0,0	181
2013-2014	3,2	0,0	8,2	7,3	19,4	13,8	16,8	2,5	2,8	0,2	0,1	0,0	74
2014-2015	0,3	13,3	4,8	6,7	7,9	1,0	5,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	40
2015-2016	1,2	6,0	2,0	25,6	17,4	2,5	3,1	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	81
2016-2017	1,7	1,9	61,8	19,7	51,7	13,4	12,9	21,5	0,3	0,1	0,0	0,0	185
2017-2018	1,6	2,0	4,2	3,6	5,3	57,5	10,8	4,3	2,4	0,9	0,0	0,0	93
2018-2019	2,0	8,6	0,5	0,2	5,7	0,9	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19
2019-2020	0,0	0,0	25,1	7,8	1,4	9,6	30,5	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76
2020-2021	25,2	61,1	18,7	5,2	28,7	10,5	1,5	0,2	0,0	0,0	0,0	6,7	158
2021-2022	0,0	15,0	13,7	2,5	1,1	20,2	2,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	55
2022-2023	3,2	1,7	6,8	2,5	8,0	3,3	2,3	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0	29
Média	3,9	11,0	14,6	8,1	14,7	13,3	8,7	5,5	0,6	0,1	0,0	0,7	81,0

Por outro lado, o caudal de saída representa a água retirada do sistema, seja para abastecimento público, irrigação, uso industrial ou descargas controladas para regular os níveis da albufeira. O balanço entre as entradas e saídas afeta diretamente as condições de fluxo, o tempo de residência da água, as concentrações de substâncias e os processos biológicos e químicos na albufeira. No entanto, considera-se importante ressaltar que o sistema a implementar funcionará de forma passiva, e apenas reforçará o sistema existente quando os consumos forem superiores às suas próprias afluentes. Da barragem da Foupana não são expectáveis consumos, exceto a libertação de caudal ecológico. Assim, não existem consumos específicos afetos a cada uma das albufeiras individualmente, mas sim ao sistema como um todo. Os dados considerados encontram-se no **Quadro 2.2**.

Quadro 2.2 – Consumos expectáveis aquando da entrada do funcionamento do sistema Foupana-Odeleite-Beliche.

	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	ANUAL
1993-1994	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
1994-1995	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108

	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	ANUAL
1995-1996	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
1996-1997	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
1997-1998	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
1998-1999	9,9	10,8	8,5	7,1	5,8	6,4	6,1	7,5	8,7	10,6	10,8	8,7	101
1999-2000	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2000-2001	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2001-2002	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2002-2003	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2003-2004	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2004-2005	7,1	5,8	5,0	4,7	4,4	5,2	5,3	7,1	8,7	10,5	10,8	8,6	83
2005-2006	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2006-2007	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2007-2008	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2008-2009	7,1	5,8	5,0	4,7	4,4	5,2	5,3	7,1	8,7	10,5	10,8	8,6	83
2009-2010	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2010-2011	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2011-2012	7,1	5,8	5,0	4,7	4,4	5,2	5,3	7,1	8,7	10,5	10,8	8,6	83
2012-2013	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2013-2014	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2014-2015	7,1	5,8	5,0	4,7	4,4	5,2	5,3	7,1	8,7	10,5	10,8	8,6	83
2015-2016	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2016-2017	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2017-2018	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2018-2019	7,1	5,8	5,0	4,7	4,4	5,2	5,3	7,1	8,7	10,5	10,8	8,6	83
2019-2020	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2020-2021	10,1	11,0	9,6	8,2	6,8	7,5	7,2	8,1	8,8	10,6	10,8	8,9	108
2021-2022	7,3	6,0	6,1	5,8	5,4	6,3	6,4	7,7	8,7	10,6	10,8	8,8	90
2022-2023	7,1	5,8	5,0	4,7	4,4	5,2	5,3	7,1	8,7	10,5	10,8	8,6	83
Média	8,9	8,9	7,9	6,9	6,0	6,7	6,6	7,8	8,7	10,6	10,8	8,8	98,6

De forma a criar um ciclo de aflúências ao longo de 5 anos, realizaram-se médias mensais, quer das aflúências, como dos consumos, que foram replicadas para a duração da simulação. Os dados de entrada no modelo encontram-se na **Figura 2.5**.

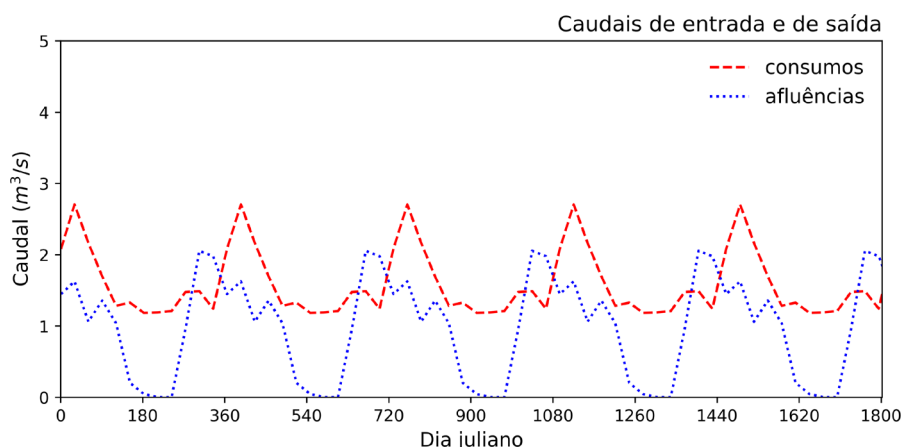


Figura 2.5 – Caudais de entrada e de saída considerados durante os cinco anos de simulação da albufeira da Foupana.

2.2.3 Qualidade da água

O modelo assume que a albufeira da Foupana é alimentada pela ribeira da Foupana. Para o caudal de entrada, foram consideradas as seguintes variáveis de qualidade da água: oxigénio dissolvido, sólidos suspensos totais, azoto amoniacal, nitratos+nitritos, fosfatos, alcalinidade e microalgas.

Para as microalgas assumiu-se uma concentração constante de 1 mg C/l, por estar dentro do intervalo 0,5 a 2,0 mg C/l, considerado representativo de águas interiores oligotróficas, como a Ribeira da Foupana. Os valores dos restantes parâmetros foram obtidos através do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), especificamente para a estação de monitorização situada na Ponte de Foupana (29L/02). Estes valores foram utilizados como base de entrada no modelo (**Quadro 2.3 e Figura 2.6**) e correspondem a médias mensais de dados disponíveis entre 2009 e 2023.

Esta abordagem visa representar de forma realista as entradas de nutrientes e outros constituintes que afetam a qualidade da água, fornecendo uma base sólida para a simulação das dinâmicas físico-químicas e ecológicas do sistema aquático em estudo. No entanto, salienta-se que os dados disponibilizados apresentam algumas limitações, levantando dificuldades adicionais para esta caracterização.

Assim, na ausência de dados para cálculo da média mensal de janeiro, foi utilizada a média de fevereiro. O mesmo procedimento foi adotado para os meses de agosto e setembro, tendo sido utilizadas as médias calculadas para julho e outubro, respetivamente.

Quadro 2.3 – Médias mensais utilizadas para definir as condições da qualidade da água da Ribeira da Foupana, a partir de dados do SNIRH, para a estação Ponte da Foupana (29L/02), entre os anos de 2009 e 2023.

Mês	Alcal. (mgN/L)	PO ₄ (mgP/L)	NH ₄ (mgN/L)	NO ₃ +NO ₂ (mgN/L)	O ₂ (mg/L)	SST (mg/L)
Jan.	55,5	0,025	0,039	1,027	10,6	2,1
Fev.	55,5	0,025	0,039	1,027	10,6	2,1
Mar.	138,7	0,025	0,042	1,026	9,3	3,4
Abr.	91,5	0,025	0,040	1,028	7,5	3,0
Mai.	82,9	0,025	0,040	1,026	8,7	2,0
Jun.	110,0	0,025	0,039	1,026	8,8	21,0
Jul.	150,0	0,030	0,039	1,026	8,8	8,6
Ago.	150,0	0,030	0,039	1,026	8,8	8,6
Set.	89,0	0,025	0,039	1,026	7,8	2,0
Out.	89,0	0,025	0,039	1,026	7,8	2,0
Nov.	71,5	0,025	0,039	1,026	10,1	2,0
Dez.	73,0	0,025	0,039	1,026	7,5	2,0

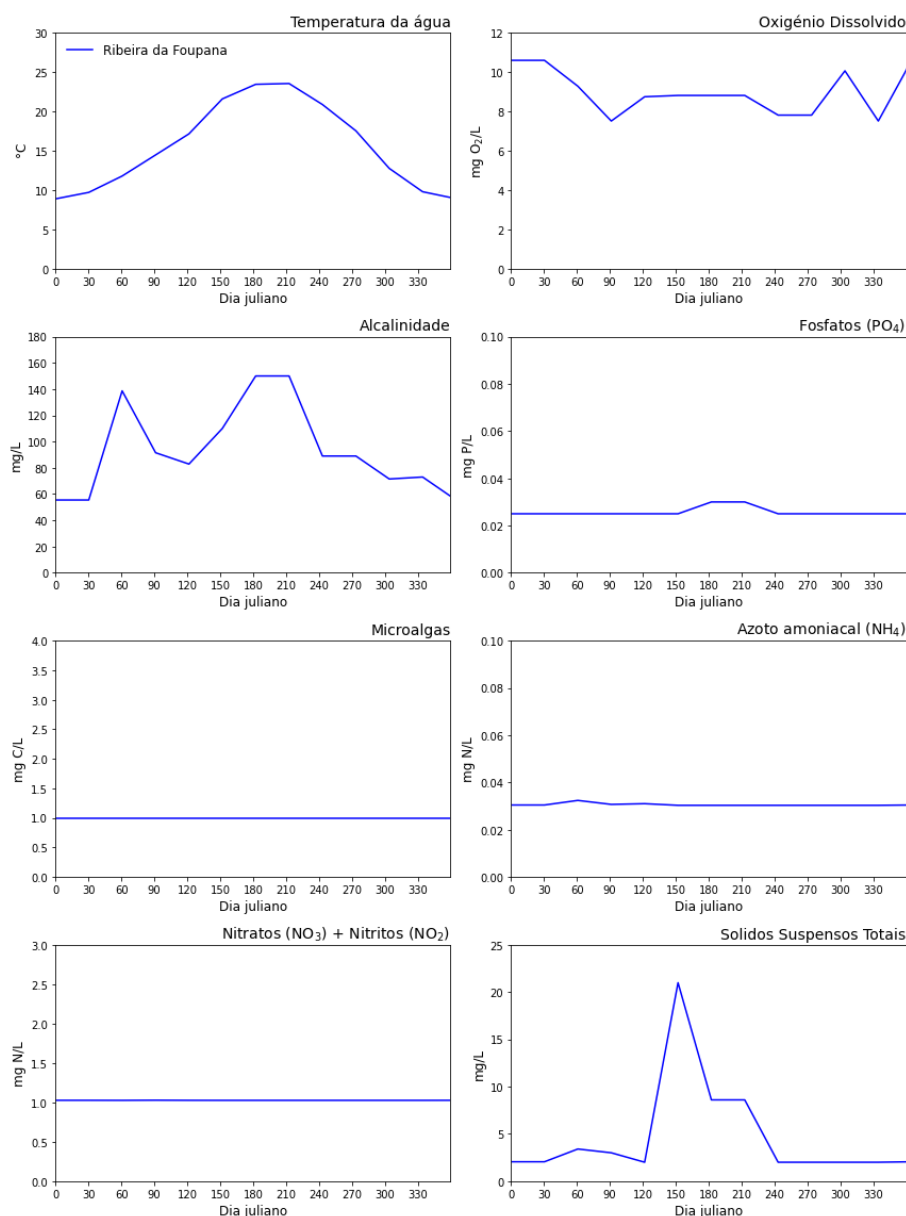


Figura 2.6 – Valores de entrada (médias mensais) dos parâmetros que caracterizam a qualidade da água da Ribeira da Foupana.

2.2.4 Dados meteorológicos

O modelo CE-QUAL-W2 requer um conjunto de parâmetros meteorológicos para realizar simulações precisas da hidrodinâmica e qualidade da água. Os principais parâmetros utilizados incluem a temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho, velocidade e direção do vento, e cobertura de nebulosidade.

Considerando que nem todos esses parâmetros são frequentemente registados de forma sistemática em estações meteorológicas, alguns deles necessitam ser calculados ou estimados com base nos dados disponíveis.

Neste estudo, foram utilizados dados obtidos através do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), nomeadamente da estação meteorológica da Albufeira de Odeleite (30M/05F), representando médias mensais de temperatura do ar, velocidade e direção do vento, calculadas para o período compreendido entre 2001 e 2008.

A temperatura do ponto de orvalho (T_{po}) foi obtida a partir dos dados de temperatura do ar (T_{ar}) e de humidade relativa (HR), também disponíveis para esta estação, de acordo com a expressão proposta por Lawrence (2005)²:

$$T_{po} = T_{ar} - \left(\frac{100 - HR}{5} \right)$$

A cobertura de nebulosidade, variando de 0 a 10, foi estimada de forma empírica, tendo em consideração o número de dias de ocorrência de fenómenos meteorológicos, como precipitação, trovoadas, neve, nevoeiro e granizo, durante cada mês. Estes parâmetros foram determinados a partir da Ficha Climatológica do IPMA, para os anos de 1971 a 2000, de forma a fornecer uma representação das condições meteorológicas da região.

Os valores médios mensais utilizados nas simulações, que servem como condições de referência para a modelação, estão apresentados detalhadamente no **Quadro 2.4**.

Quadro 2.4 – Médias mensais utilizadas para definir as condições meteorológicas de referência no modelo.

Mês	T _{ar} (°C)	T _{po} (°C)	Vento (radianos)	Vento (m/s)	Cobertura nubosa
Jan.	10,9	6,4	2,41	1,8	2,9
Fev.	11,7	6,8	2,17	2,0	2,4
Mar.	13,8	8,0	2,07	2,6	1,9
Abr.	16,4	9,6	2,55	2,8	1,9
Mai.	19,1	11,4	2,51	3,2	2,0
Jun.	23,6	14,6	2,52	3,4	2,5
Jul.	25,4	15,6	2,41	3,9	3,5
Ago.	25,5	16,5	2,59	3,3	4,2
Set.	22,8	15,4	2,63	2,7	3,6
Out.	19,5	14,3	2,94	2,2	2,8
Nov.	14,7	9,6	2,11	2,0	2,4
Dez.	11,8	7,2	2,13	2,0	2,6

² Lawrence, M. G. (2005). The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air: A simple conversion and applications. Bull. Amer. Meteor. Soc. 86: 225-233. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-86-2-225>

2.3 CONDIÇÕES DAS SIMULAÇÕES

A modelação foi realizada para um período de 5 anos, sendo os dois primeiros anos definidos como um período de “aquecimento”, com o objetivo de eliminar a memória das condições iniciais. Assim, este período é convenientemente excluído dos gráficos.

Durante o período de simulação, as condições meteorológicas e as concentrações das propriedades nas afluências apresentadas anteriormente são repetidas anualmente, tornando estas condições cíclicas.

As condições de forçamento atmosférico utilizadas correspondem aos valores descritos anteriormente, assim como os valores que caracterizam os parâmetros considerados no caudal de entrada. A simulação foi iniciada com um perfil vertical térmico homogéneo de 12 °C, valor típico para sistemas desta natureza em janeiro.

2.4 SELEÇÃO DOS PARÂMETROS

Os principais parâmetros avaliados serão a temperatura da água, as concentrações de fitoplâncton, oxigénio dissolvido e nutrientes (fosfatos e nitratos). É também de particular importância avaliar as características da termoclina (sua formação e persistência), uma vez que a presença desta estrutura tem, normalmente, um impacte negativo na qualidade da água.

2.5 CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO

As etapas de calibração e de validação dos parâmetros do modelo são etapas fundamentais para avaliar a sua capacidade de reproduzir a evolução das diversas propriedades simuladas. Estas tarefas exigem, contudo, a existência de conjuntos de dados adequados para comparação com os resultados do modelo, permitindo assim avaliar a sua performance. Em sistemas como albufeiras, tal processo requer dados obtidos através de programas de monitorização.

No caso em estudo, a barragem ainda não está operacional, estando limitada à fase de projeto. Por conseguinte, tais dados não existem para a calibração ou validação do modelo. Esta limitação implica que os resultados gerados sejam indicativos e representem apenas condições potenciais que poderão ocorrer no futuro, com base nos cenários simulados.

Apesar da ausência de calibração e validação rigorosas, os resultados obtidos continuam a ter valor, uma vez que o modelo pode ser avaliado pela sua capacidade de reproduzir padrões típicos e esperados em sistemas aquáticos artificiais semelhantes. Estes padrões incluem, por exemplo, a estratificação térmica sazonal, o comportamento hidrodinâmico ou a resposta biogeoquímica a diferentes condições. Assim, os resultados fornecem uma base útil para a previsão de cenários e para a formulação de estratégias de gestão adaptativa, assegurando que as potenciais condições futuras sejam compreendidas e devidamente consideradas na fase de planeamento.

3 RESULTADOS

Os resultados do modelo para este cenário indicam que a alteração do regime hídrico, resultante da retenção da água na albufeira, terá um impacto apreciável na estrutura térmica vertical da massa de água, promovendo alterações nos padrões de estratificação térmica. Estas alterações influenciam diretamente a dinâmica dos parâmetros de qualidade da água, incluindo as concentrações de nutrientes, oxigénio dissolvido e outros constituintes relevantes.

3.1 ESTRUTURA TÉRMICA DA COLUNA DE ÁGUA

A estratificação térmica é um processo determinante nas albufeiras, promovendo o desenvolvimento de zonas hipóxicas ou anóxicas nas camadas mais profundas. Este estado, por sua vez, tem implicações significativas nos processos biogeoquímicos e na habitabilidade do sistema para diferentes comunidades aquáticas. Estas condições podem comprometer o equilíbrio ecológico do ecossistema, influenciando ciclos de nutrientes, a decomposição de matéria orgânica, e até o comportamento de espécies aquáticas.

Os resultados do modelo indicam que a albufeira apresentará um comportamento típico de sistemas lênticos desta natureza. Assim, a estrutura vertical da coluna de água alternará entre uma configuração homogénea, resultante da intensa mistura durante os meses mais frios, e uma estrutura termicamente estratificada nos meses quentes, quando a radiação solar mais intensa e a redução do fluxo hídrico favorecem a formação de uma estratificação pronunciada.

A variação da temperatura superficial é evidente na **Figura 3.1**, onde se observa um intervalo anual entre aproximadamente 13 °C, no inverno, e 28 °C, no verão. A estratificação térmica torna-se particularmente acentuada nos meses quentes, com diferenças que chegam a atingir 15 °C entre a superfície e os 15 metros de profundidade. Note-se que a variação da temperatura da água a 15 metros é mais irregular em comparação com a variação à superfície, devido à influência da remoção de água que ocorre a maior profundidade.

Entre março e setembro, o perfil térmico vertical transforma-se de uma estrutura praticamente homogénea, com temperaturas em torno dos 12-13 °C em toda a coluna de água, para um estado de forte estratificação (**Figura 3.2**). Durante este período, observa-se um gradiente térmico acentuado, com temperaturas a variar entre 28 °C à superfície e 15 °C logo abaixo dos 10 metros de profundidade, diminuindo para 12 °C nas camadas mais profundas. Em novembro, é já visível a degradação desta estrutura térmica, com o perfil a evoluir novamente para uma distribuição mais homogénea da temperatura ao longo da profundidade.

A **Figura 3.3** ilustra a variação do perfil longitudinal da coluna de água na albufeira, evidenciando que, nas zonas menos profundas a montante, as temperaturas são ligeiramente mais elevadas, refletindo a menor capacidade de estratificação associada à reduzida profundidade. Em contrapartida, nas áreas mais profundas, próximas do paredão,

verifica-se uma estratificação térmica mais pronunciada, caracterizada por um gradiente térmico em profundidade mais acentuado.

Importa destacar que esta distribuição anual e em profundidade segue o padrão sazonal típico de massas de água em climas mediterrânicos, com variações marcantes entre os meses mais frios e os mais quentes.

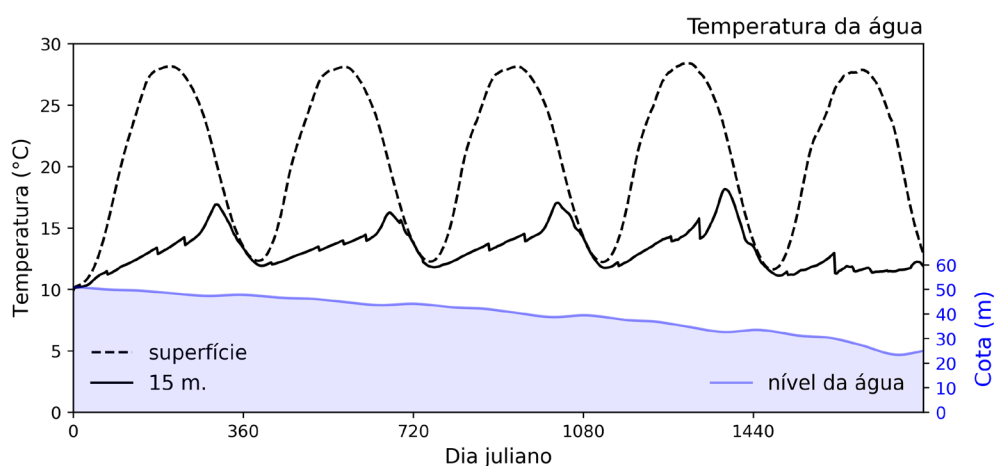


Figura 3.1 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a previsão da temperatura junto ao paredão da albufeira da Foupana, à superfície e a 15 metros de profundidade.

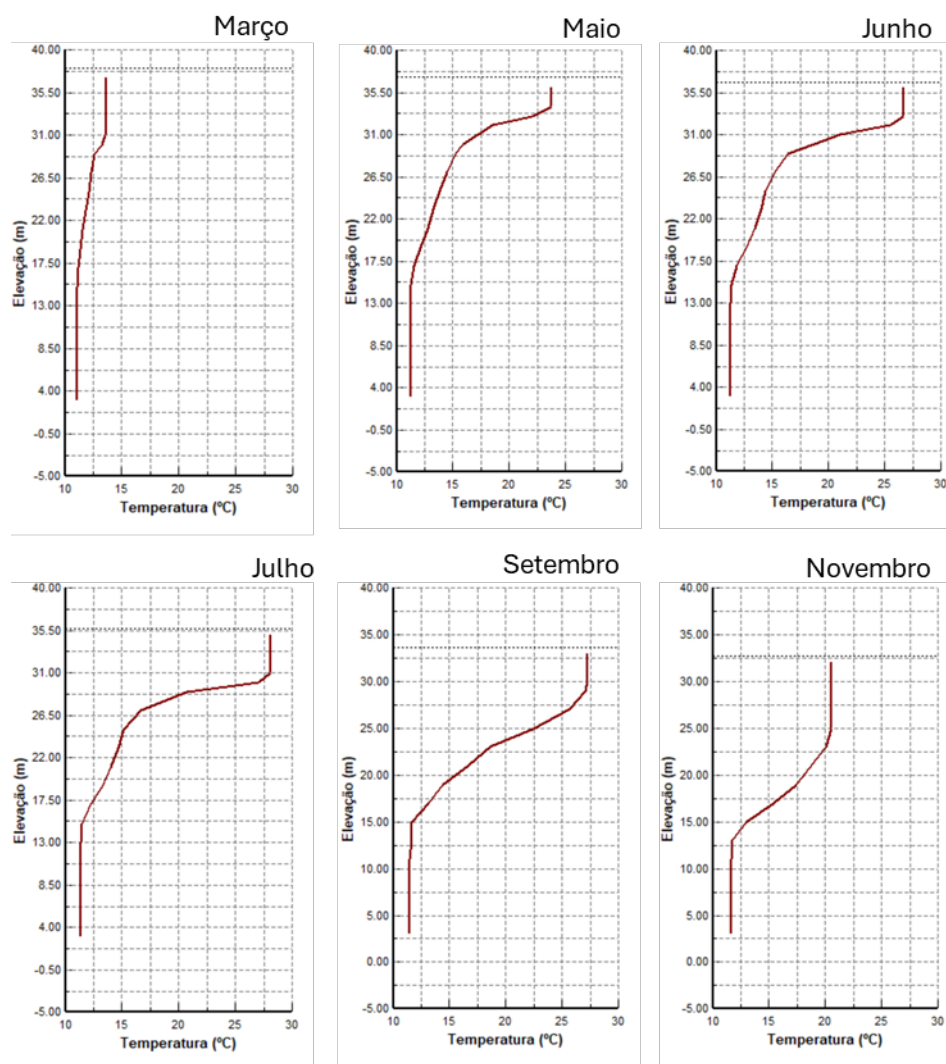


Figura 3.2 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a evolução do perfil vertical térmico ao longo do ano na albufeira da Foupana (quarto ano de simulação).

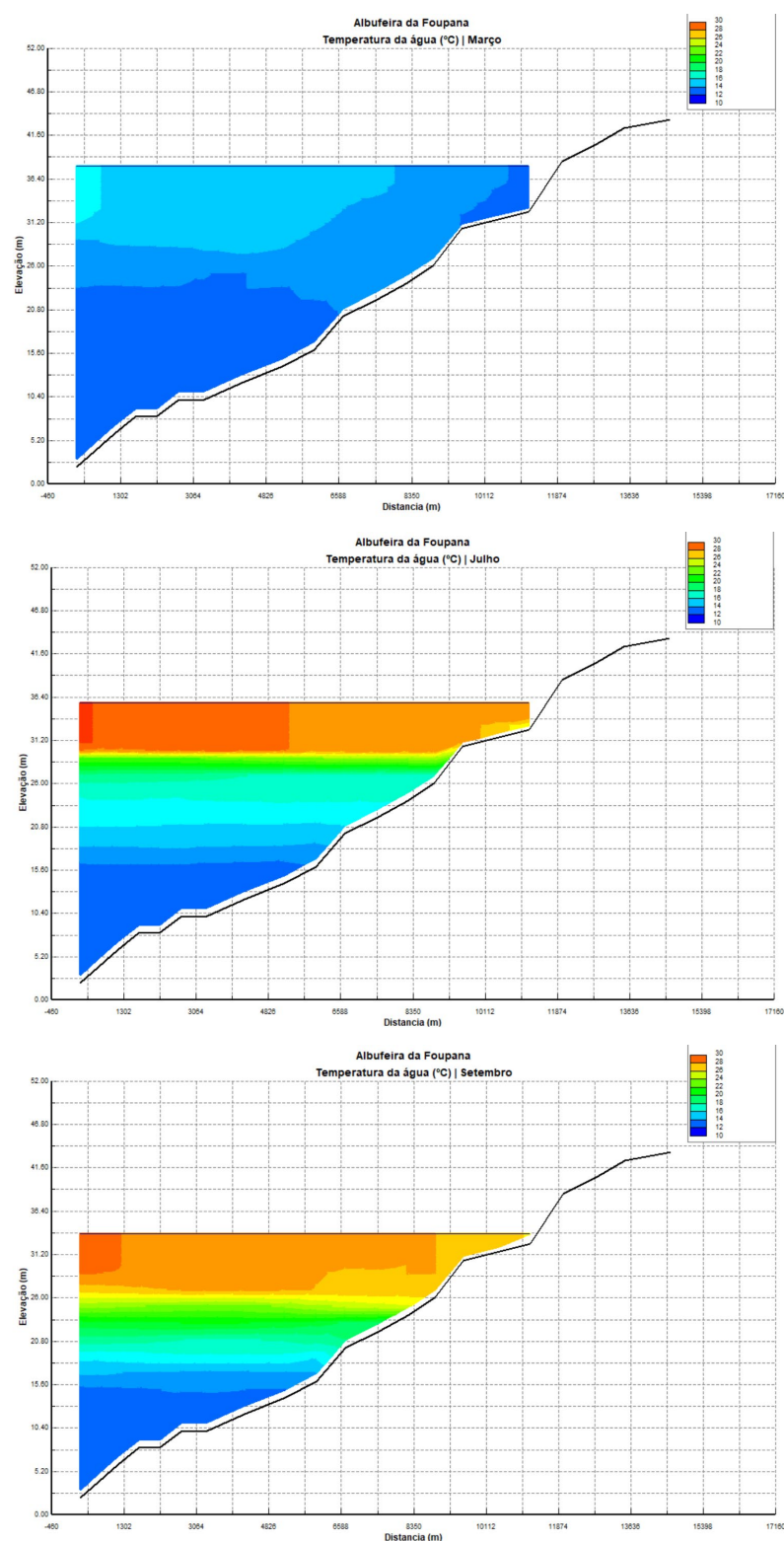


Figura 3.3 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a evolução do perfil longitudinal da temperatura na coluna de água da albufeira da Foupana (quarto ano de simulação).

3.2 PARÂMETROS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

A formação do gradiente térmico mencionado anteriormente altera a densidade da água, promovendo uma estratificação vertical que resulta na formação de camadas com diferentes densidades. Este fenómeno tem um impacte na dinâmica da coluna de água, particularmente na limitação da difusão de gases e substâncias dissolvidas em profundidade. Um parâmetro de especial relevância neste contexto é a concentração de oxigénio dissolvido. A estratificação reduz a mistura vertical, dificultando a redistribuição de oxigénio para as camadas mais profundas, onde a radiação solar é insuficiente para sustentar a fotossíntese pelos produtores primários e onde as trocas gasosas com a atmosfera são inexistentes.

Além disso, os processos de mineralização da matéria orgânica, tanto na coluna de água quanto nos sedimentos, consomem oxigénio, intensificando ainda mais a sua depleção. Como resultado, uma parte substancial da coluna de água pode apresentar condições de anóxia, com implicações ecológicas graves para os organismos dependentes de oxigénio.

Os resultados do modelo, ilustrados na **Figura 3.4**, confirmam este processo. À superfície, as concentrações de oxigénio dissolvido refletem o contributo da fotossíntese dos produtores primários e as trocas gasosas com a atmosfera. Em contraste, nas camadas mais profundas, verifica-se uma redução acentuada do oxigénio, resultado da ausência de luz para a fotossíntese e da estratificação térmica imposta pela termoclina, que impede a mistura com água oxigenada proveniente das camadas superficiais.

A dinâmica dos produtores primários na coluna de água está representada na **Figura 3.5**, evidenciando uma elevada biomassa nas camadas superficiais, onde as condições para o crescimento são ideais. Estas condições incluem a presença de luz solar em intensidades adequadas e a disponibilidade de nutrientes, que favorecem a fotossíntese e a produção de matéria orgânica. Aqui, ocorrem *blooms* intensos nos meses de verão (atingindo valores acima dos 80 mg/L de clorofila-a), mas que cessam assim que se esgotam os nutrientes.

Observa-se, no entanto, uma redução drástica da biomassa logo nas camadas superficiais. Este decréscimo deve-se principalmente à diminuição da disponibilidade de luz, causada por processos de auto-ensombramento nas camadas superiores da coluna de água, que limitam a penetração da radiação solar em profundidade. Apesar da presença de nutrientes suficientes nas camadas mais profundas, a ausência de luz impede que os produtores primários realizem a fotossíntese, limitando o seu crescimento nessas zonas. Este padrão vertical é típico de sistemas estratificados, onde as condições ambientais variam significativamente com a profundidade.

A relação entre a abundância de microalgas e a concentração de oxigénio dissolvido na água está ilustrada na **Figura 3.6**. A correlação entre estes dois parâmetros demonstra que a dinâmica do oxigénio na água é fortemente controlada por processos biológicos, particularmente pela atividade fotossintética dos produtores primários. Por outro lado,

nas camadas mais profundas, onde a luz solar não atinge níveis suficientes para sustentar a fotossíntese, a concentração de oxigénio tende a diminuir, ocorrendo até a sua depleção.

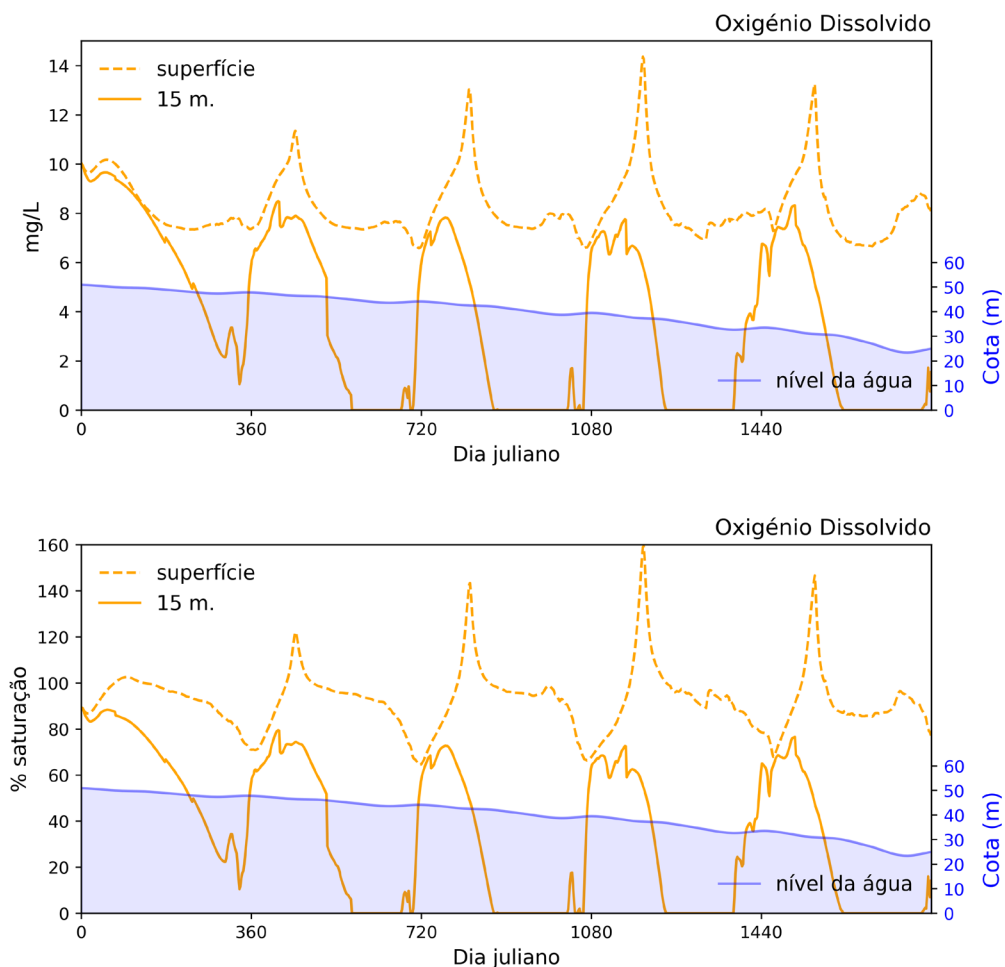


Figura 3.4 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a previsão do oxigénio dissolvido junto ao paredão da albufeira da Foupana, à superfície e a 15 metros de profundidade.

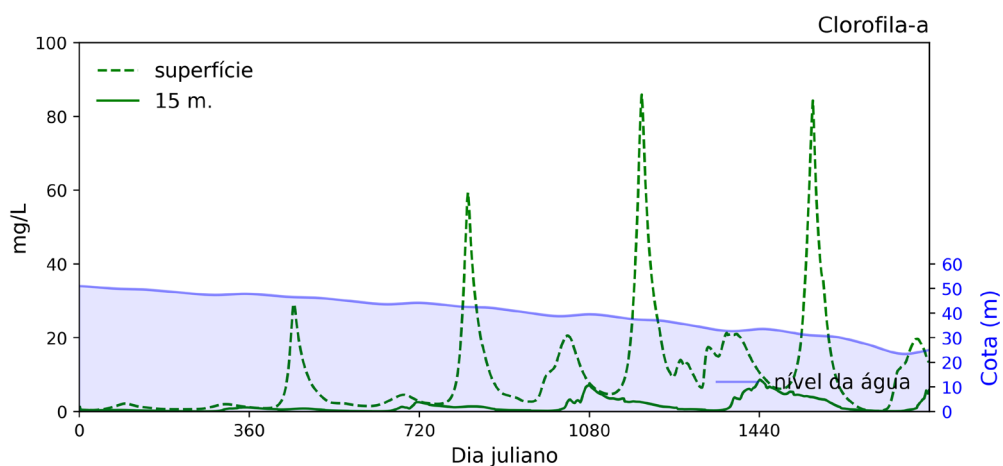


Figura 3.5 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a previsão da clorofila-a junto ao paredão da albufeira da Foupana, à superfície e a 15 metros de profundidade.

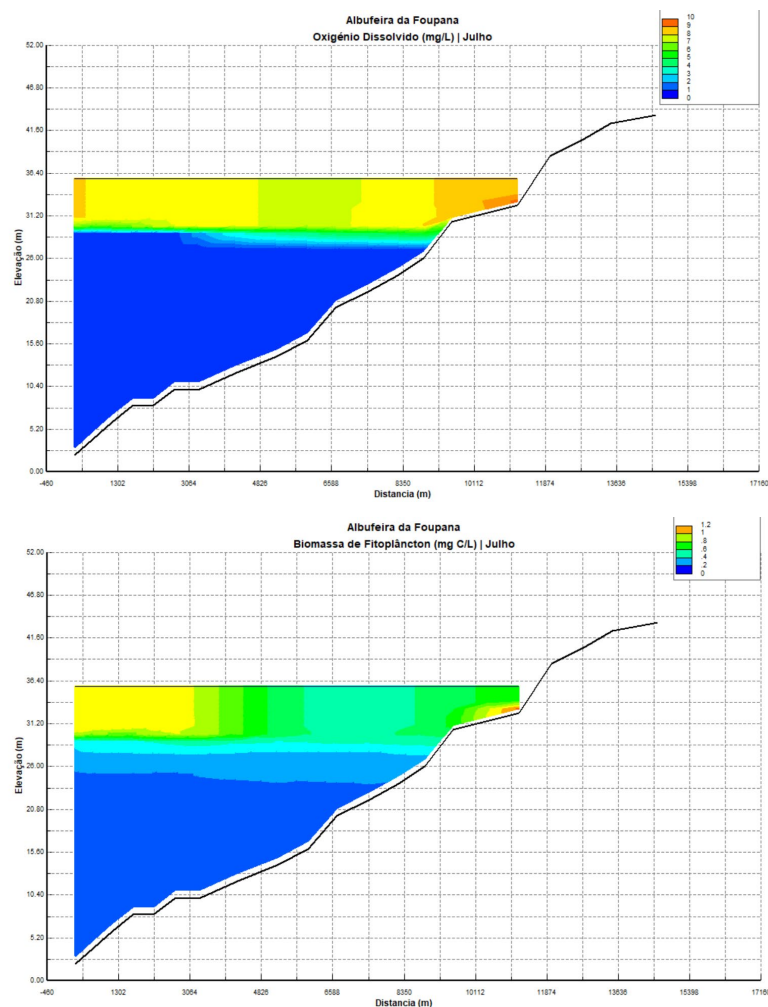


Figura 3.6 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a evolução do perfil longitudinal de oxigênio dissolvido e de biomassa de microalgas na coluna de água da albufeira da Foupana (quarto ano de simulação).

O modelo prevê uma tendência de aumento gradual de nutrientes ao longo do tempo, como evidenciado na **Figura 3.7**. Este comportamento apresenta um padrão vertical claro, especialmente nos meses mais quentes, quando a coluna de água se encontra estratificada. Durante este período, as concentrações de nutrientes são mais baixas nas camadas superficiais devido ao consumo intensivo pelas microalgas, enquanto nas camadas mais profundas ocorre uma acumulação significativa de nutrientes, uma vez que estas regiões não são influenciadas pelo consumo biológico (**Figura 3.8**).

As concentrações elevadas de nutrientes nas camadas próximas do fundo têm origens distintas para diferentes compostos. No caso do nitrato, a sua acumulação deve-se à ausência de consumo, dado que nestas zonas não há radiação solar suficiente para sustentar a fotossíntese, o que elimina a sua utilização como fonte preferencial de azoto. Para o fosfato, o aumento resulta principalmente dos processos de mineralização da matéria orgânica. A deposição de matéria orgânica proveniente do epilímnio contribui ainda para a sedimentação de fósforo na forma particulada, desencadeando um ciclo interno de reciclagem de fósforo: da forma particulada orgânica para o fósforo dissolvido, e vice-versa.

Além disso, as condições de anoxia nas camadas próximas ao fundo favorecem a libertação de fosfato dos sedimentos, transformando o sistema numa fonte significativa deste nutriente. Este enriquecimento das camadas profundas é particularmente evidente nos meses de estratificação, como ilustrado na **Figura 3.8**. Com o arrefecimento superficial e a destruição da termoclina no fim do verão, o fósforo acumulado é redistribuído por toda a coluna de água, tornando a qualidade da água mais homogénea.

Em síntese, durante o período de estiagem, a estratificação térmica induz uma estratificação físico-química, que afeta de forma mais pronunciada os níveis de oxigénio dissolvido, fitoplâncton e fosfatos. Este efeito é especialmente notório nos meses mais quentes (entre junho e setembro) e nas camadas mais profundas. Conclui-se, portanto, que a passagem de um sistema lótico para um sistema léntico, induzido pela construção da barragem, poderá ser um impacto negativo na qualidade da água, sendo este efeito proporcional ao tempo de residência da água na albufeira.

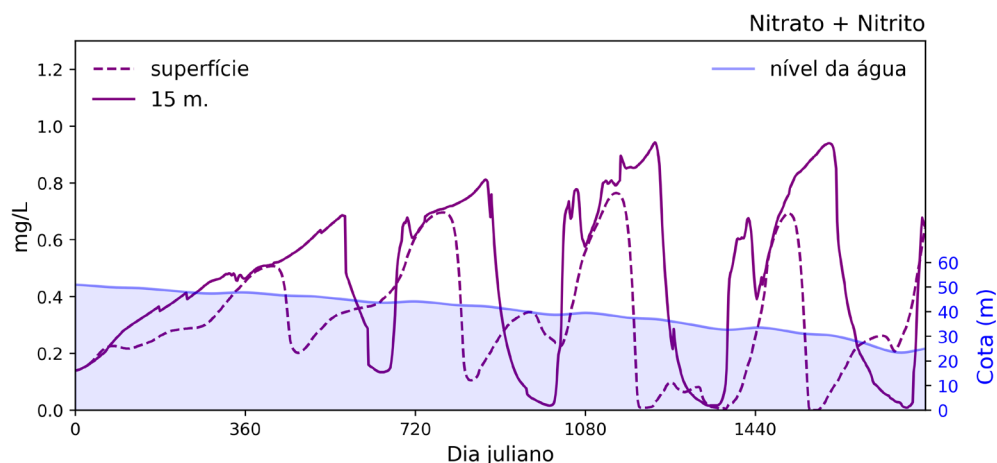


Figura 3.7 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para a previsão da concentração de nitrato+nitrito junto ao paredão da albufeira da Foupana, à superfície e a 15 metros de profundidade.

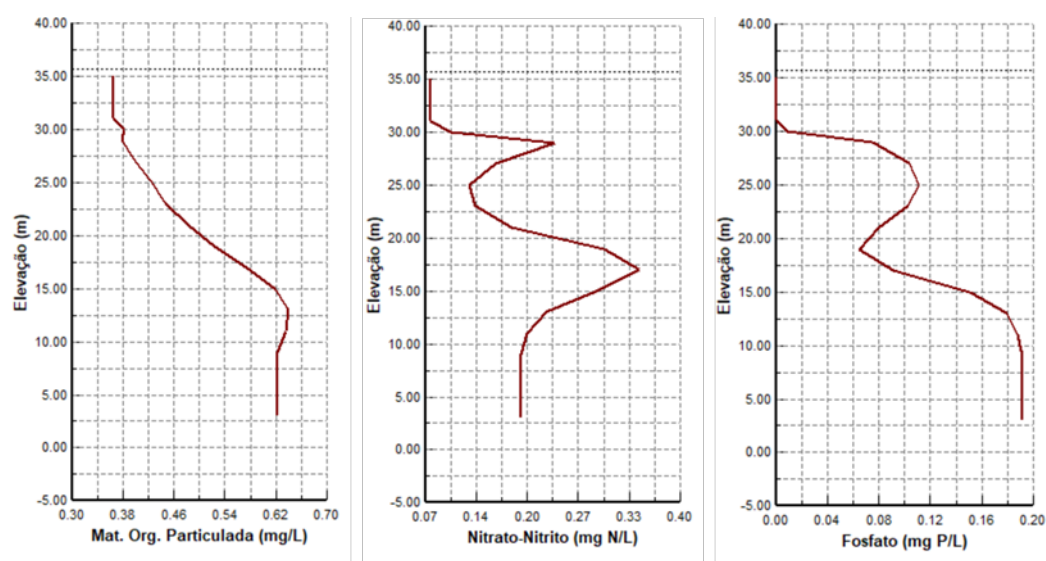


Figura 3.8 – Resultados do modelo CE-QUAL-W2 para o perfil vertical de alguns parâmetros em julho, junto ao paredão da albufeira da Foupana (quarto ano de simulação).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos impactes da construção de infraestruturas transversais em sistemas fluviais apresenta desafios significativos, principalmente no que diz respeito à previsão realista das alterações ecológicas resultantes. No entanto, os resultados apresentados na secção anterior demonstram que é possível antecipar, de forma fundamentada, diversos processos físicos, químicos e ecológicos que poderão ocorrer após a construção de tais infraestruturas.

Este relatório foi elaborado com o objetivo de avaliar os potenciais impactes associados à construção da barragem da Foupana, reunindo dados e efetuando uma análise que permitam compreender os efeitos esperados na dinâmica da qualidade da água e nos processos biogeoquímicos do sistema. Assim, nesta secção apresentam-se as principais conclusões e implicações do estudo, destacando os resultados mais relevantes e os contributos para uma gestão sustentável do futuro sistema.

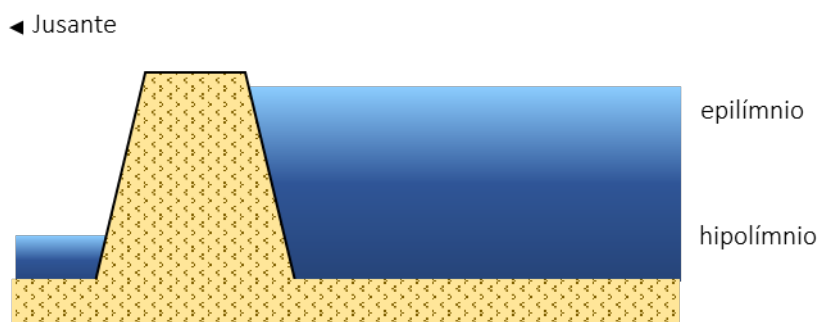
4.1 ALTERAÇÃO DA ESTRUTURA VERTICAL DA COLUNA DE ÁGUA

A criação de condições que promovem a estagnação de um caudal contínuo e homogéneo em profundidade favorece o desenvolvimento de heterogeneidade na coluna de água, frequentemente associada a uma deterioração da qualidade da água. Este estudo demonstra que, ao transformar um sistema lótico num sistema lêntico, como previsto para a futura albufeira da Foupana, ocorrerá uma alteração da estrutura vertical da coluna de água, especialmente durante os meses mais quentes. Nessa época, a radiação solar intensa e as trocas de calor com a atmosfera sobreaquecem as camadas superficiais, desencadeando um processo de estratificação térmica.

A estratificação resultante limita significativamente a mistura vertical, criando zonas na coluna de água com condições físico-químicas e biológicas marcadamente distintas, conforme resumido no **Quadro 4.1**. Esta segmentação impede a renovação das camadas profundas com oxigénio e nutrientes provenientes das camadas superficiais, afetando os processos ecológicos e as dinâmicas do sistema aquático.

Os resultados apresentados confirmam que a futura albufeira da Foupana manifestará estas alterações estruturais, sobretudo nos períodos mais quentes, aumentando a necessidade de implementar medidas de gestão para mitigar os impactes negativos sobre a qualidade da água e a sustentabilidade ecológica do sistema.

Quadro 4.1 – Principais características da estrutura vertical da coluna de água num sistema lântico, como se prevê acontecer após a construção da barragem da Foupana.



Zona	Principais características
Epilímnio	- Temperatura da água mais elevada. - Disponibilidade de luz. - Elevada produção primária. - Alguma mistura vertical induzida pela ação do vento. - Sobressaturação de oxigénio dissolvido
Metalímnio (termoclina)	- Zona de transição entre o epilímnio e o hipolímnio, com forte gradiente vertical em parâmetros como a temperatura.
Hipolímnio	- Temperatura da água mais baixa e constante. - Ausência de radiação solar. - Condições de anoxia ou com concentrações baixas de oxigénio - Concentrações elevadas de nutrientes

4.2 EUTROFIZAÇÃO DA MASSA DE ÁGUA

A modelação aplicada à futura albufeira da Foupana evidenciou, de forma consistente, a ocorrência de um processo gradual de eutrofização no cenário considerado, ainda que a ribeira da Foupana que a alimenta tenha características oligotróficas. Os resultados confirmam que a construção da barragem influenciará negativamente a qualidade da água, intensificando sintomas de eutrofização, comportamento este alinhado com o de outras infraestruturas similares.

Este efeito manifesta-se em vários parâmetros, como a temperatura da água, as concentrações de nutrientes, os níveis de fitoplâncton e as concentrações de oxigénio dissolvido. Estas alterações indicam não só um impacte ecológico significativo, como também levantam preocupações em relação a avaliações futuras de qualidade da água. Alguns destes parâmetros são indicadores diretos do estado trófico das massas de água, os valores esses que poderão ser desafios na gestão dos recursos hídricos.

Os resultados apontam que ajustes nos caudais de entrada e nas tomadas de água podem mitigar parcialmente os impactes, reduzindo o tempo de residência da água no sistema e

limitando a acumulação de nutrientes. No entanto, embora tais medidas possam diminuir a intensidade da eutrofização, poderão também gerar *blooms* de algas mais intensos. A eficácia dessas estratégias depende, fundamentalmente, da disponibilidade de afluentes, que é condicionada pelas baixas taxas de precipitação, um fenómeno projetado para se agravar nos cenários de alterações climáticas.

Adicionalmente, a interação entre fontes de contaminação e processos de eutrofização reforça a necessidade de implementar políticas eficazes de gestão e monitorização contínua, sobretudo na bacia de drenagem, para garantir a sustentabilidade do sistema aquático da futura albufeira da Foupana.

4.3 AVALIAÇÃO CRÍTICA DO MODELO

Cada albufeira apresenta um conjunto único de características relacionadas com fatores como localização, dimensões e tipo de estrutura. Contudo, partilham processos e parâmetros comuns que influenciam diretamente a quantidade e a qualidade da sua massa de água. Este conhecimento permite, através de modelos numéricos e computacionais, simular e prever os efeitos e resultados associados a esses processos.

Estudos previsionais, como o que aqui se apresenta, enfrentam limitações inerentes à ausência de calibração e validação dos modelos, dado que as condições simuladas se referem a um sistema inexistente. Esta limitação pode comprometer parcialmente o realismo das simulações, mas não diminui a relevância e a utilidade dos resultados, pois o modelo baseia-se em processos bem estabelecidos para representar a dinâmica esperada do sistema em estudo.

No futuro, com a entrada em operação da albufeira, a implementação de programas de monitorização da qualidade da água poderá fornecer dados valiosos para calibrar e validar o modelo. Essa etapa será crucial para transformá-lo numa ferramenta de gestão robusta e precisa.

Com base nos resultados apresentados neste estudo, conclui-se que o trabalho de modelação da futura albufeira da Foupana atingiu dois objetivos principais:

- Promover o conhecimento inicial sobre a futura albufeira: O modelo forneceu uma visão detalhada dos padrões espaciais e temporais esperados para a distribuição e evolução das propriedades da água, oferecendo uma base de entendimento fundamental sobre a dinâmica do sistema. Além disso, permitiu a quantificação de parâmetros-chave, algo que seria impossível de outra forma.
- Estabelecer uma base para estudos futuros: Este modelo poderá ser futuramente validado e calibrado, incorporando novos dados e elementos, como pressões antrópicas e cenários de exploração mais realistas. Assim, ele servirá como ponto de

partida para investigações e análises complementares que apoiarão a gestão eficiente da albufeira da Foupana.