Pluma térmica do sistema de refrigeração do projeto SINES 4.0

RECAPE – Efeitos cumulativos do Projeto GREENH2ATLANTIC e da

Futura Expansão do Porto de Sines

HIDROMOD

modelação em engenharia

Ficha de documentação		
Classificação Confidencial	**Distribuição** Cliente	**Observações** n/a
Produzido por Hidromod, Modelação em Engenharia, Lda Rua Rui Teles Palhinha, 8, 3D, 2740-278 Porto Salvo Tel: 218486013 Email: hidromod@hidromod.com		Certificação ISO 9001:
Cliente Start Campus https://www.startcampus.pt/ Contacto: Francisca Menezes Email: fnm@startcampus.pt		
Autor Paulo Chambel Leitão		**Título** Civil Eng., PhD.
Revisão José Chambel Leitão (jcleitao@hidromod.com)		**Título** Civil Eng., PhD.
Data 210/05/2024	**Nº de páginas** 29	**Referência nº** V1.3
Observações: Nova versão tendo em conta os comentários enviados pela Start Campus em 29-4-2024		

Índice

1 Introdução 6

2 Resultados 7

2.1 Enquadramento 7

2.2 Descarga e adução do projeto GH2A 8

2.3 Efeitos cumulativos do Projeto (GH2A) 9

3 Conclusões 13

4 Anexo 1 – Cenários considerados no EIA 14

4.1 Cenários meteo-oceanográficos críticos 14

4.2 Cenários considerados para a infraestrutura costeira 21

5 Anexo 2 – Modelação numérica 23

5.1 Sistema de modelos MOHID 23

5.2 Implementação de modelos 23

6 Anexo 3 – Séries temporais de aumento de temperatura a 30m da descarga 25

7 Anexo 4 - Referências 29

Índice de Figuras

Figura 1 – Localização da série temporal usada para avaliar os resultados da temperatura do mar para os diferentes cenários simulados. 8
Figura 2– Estruturas de captação e restituição/descarga de água da CTS 9
Figura 3 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 5 focado no dia de maiores aumentos médios diários (3-11-2017): linhas a verde – sem efeitos cumulativos (Cenário 5), linhas a laranja– com efeitos cumulativos (Cenário 5A). 11
Figura 4 – Aumento da temperatura média diária para o dia 3-11-2017. Cenário 5A - com efeitos cumulativos do projeto GH2A. 12
Figura 5 – Aumento da temperatura média diária para o dia 3-11-2017. Zona próxima da descarga. Cenário 5A, com efeitos cumulativos do projeto GH2A. 12
Figura 6 – Posicionamento da pluma face ao regime de ventos típicos na área de estudo (Nemus/Hidromod, 2014). 14
Figura 7 – Cenário meteo-oceanográfico - Caso 1 (Tabela 5). 17
Figura 8 – Cenário meteo-oceanográfico - Caso 2 (Tabela 5). 18
Figura 9 – Cenário meteo-oceanográfico - Caso 3 (Tabela 5). 19
Figura 10 – Cenário meteo-oceanográfico - Caso 4 (Tabela 5). 20
Figura 11 – Layout portuário de Sines – cenário de base à esquerda e futuro terminal TVG à direita. 22
Figura 12 – Batimetria do modelo detalhado para a zona do Porto de Sines considerando duas soluções de conceção planeadas para a expansão portuária. 24
Figura 13 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 1. 25
Figura 14 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 2. 25
Figura 15 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 3. 26
Figura 16 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 4. 26
Figura 17 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 5. 27
Figura 18 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 6. 27
Figura 19 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 7. 28
Figura 20 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 8. 28

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Cenários simulados em fase de EIA. 7

Tabela 2 – Cenário simulado em fase de RECAPE. 8

Tabela 3 – Cenário cumulativo simulado. 10

Tabela 4 – Eventos com temperatura da superfície do mar acima de 18.5°C que atingiram valores acima de 20.0ºC na área de estudo desde 2015. 15

Tabela 5– Cenários meteo-oceanográficos considerados. 15

1 Introdução

A Start Campus pretende construir um Centro de Dados de grandes dimensões em Sines, junto à Central Termoelétrica de Sines (CTS), da EDP, atualmente desativada.

Em fase de EIA do Centro de Dados, foi simulado pela Hidromod o aumento de temperatura no meio envolvente para uma descarga de 16 m^3/s e com uma temperatura de 9ºC acima do ponto de captação na bacia da CTS. Em fase de RECAPE foi necessário atualizar as características da descarga. Nas novas condições o caudal a rejeitar será de 16.85 m^3/s mantendo os 9ºC acima do ponto de captação na bacia da CTS.

Ainda em fase de RECAPE a Start Campus contratou a Hidromod para simular o efeito cumulativo do efluente do Projeto GREENH2ATLANTIC (GH2A). Esta descarga será feita no canal sul da estrutura de rejeição da Central Térmica de Sines (CTS), presentemente desativada. A captação do caudal será feita, também, na bacia de adução da CTS localizada a norte da rejeição. A descarga terá um caudal aproximado de 4472 m3/h (1.24 m^3/s) e aumentos máximos de temperatura de 8ºC e de salinidade de 0.17 ppt, relativamente ao ponto de captação do efluente do Projeto GREENH2ATLANTIC (GH2A) no meio receptor.

O presente relatório visa apresentar resultados que permitam quantificar o efeito cumulativo à luz da legislação portuguesa.

2 Resultados

2.1 Enquadramento

Em fase de EIA foram simulados 8 cenários (Tabela 1), que abrangem as 4 condições meteo-oceanográficas que se considerou serem as mais críticas e dois cenários de expansão portuária. A descrição detalhada destes cenários apresenta-se no Anexo 1. A metodologia de modelação numérica utilizada descreve-se no Anexo 2.

Tabela 1 – Cenários simulados em fase de EIA.

Cenário	Condições meteo-oceanográficas	Batimetria	Captação	Rejeição
1	Caso 1	Expansão do Porto 1 (em curso)	Bacia de captação da CTS 16 m^3/s	Canal Norte da estrutura de rejeição da CTS 16 m^3/s, +9°C
2	Caso 2			
3	Caso 3			
4	Caso 4			
5	Caso 1	Expansão do Porto 2 (futuro)		
6	Caso 2			
7	Caso 3			
8	Caso 4			

A legislação portuguesa estabelece no Decreto-Lei 236/98 (ANEXO XVIII – Valores-limite de Emissão na descarga de águas residuais) que o aumento máximo da temperatura do meio receptor após a descarga dos efluentes não pode ser superior a 3ºC (média mensal) a 30 m a jusante do ponto de descarga. O valor médio diário pode exceder o valor médio mensal em 2°C. Consequentemente o limite de aumento médio diário é de 5ºC.

Utilizando a metodologia de modelação numérica descrita no Anexo 2, os aumentos de temperatura foram avaliados num ponto a 30 m alinhado com o eixo do canal norte (Figura 1), tendo em conta a média dos valores obtidos às profundidades de 1 m, 2 m e 3 m. A escolha destes pontos visou ser uma primeira contribuição para a definição de uma estratégia de monitorização eficaz. Os resultados dos cenários indicaram, em fase de EIA, que o aumento médio diário da temperatura devido à descarga de água quente é inferior a +3ºC, satisfazendo os limites definido na legislação portuguesa (+5ºC na média diária e +3ºC na média mensal).

As séries temporais de aumento de temperatura obtidas no EIA, para os 8 cenários, apresentam-se no Anexo 3.

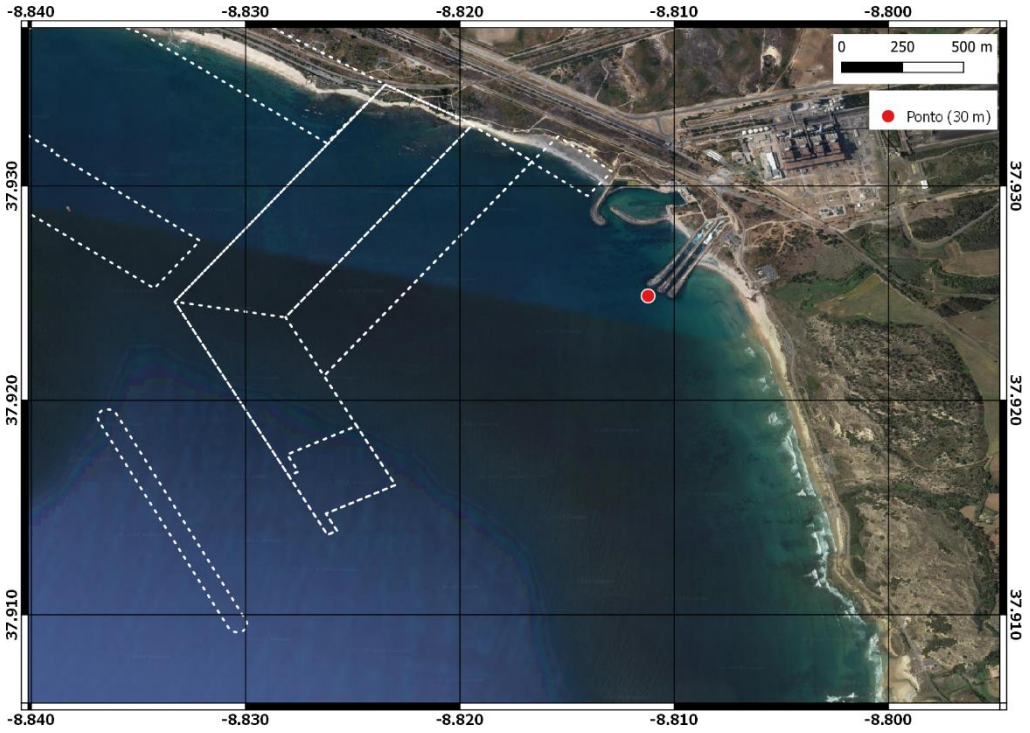


Figura 1 – Localização da série temporal usada para avaliar os resultados da temperatura do mar para os diferentes cenários simulados.

Tabela 2 – Cenário simulado em fase de RECAPE.

Cenário	Condições meteo-oceanográficas	Batimetria	Captação	Rejeição
5	Caso 1	Expansão do Porto 2 (futuro)	Bacia de captação da CTS 16.85 m³/s	Canal Norte da estrutura de rejeição da CTS 16.85 m³/s, +9°C

Em fase de EIA o Cenário 5 foi o cenário que apresentou os maiores aumentos médios diários de temperatura. Em fase de RECAPE este cenário foi de novo simulado tendo em conta o novo caudal (Tabela 2).

2.2 Descarga e adução do projeto GH2A

A captação do caudal de refrigeração, cerca de 4 472 m³/h (1.242 m³/s), será feita na bacia de adução da CTS localizada a norte da rejeição. Poderá também vir a ser instalada uma unidade de dessalinização de água de mar no âmbito do Projeto GH2A. O consumo de água desmineralizada será de aproximadamente

20 m³/h. A soma do caudal captado para refrigeração e do caudal dessalinizado resultam num caudal de captação de de 4 492 m³/h (1.248 m³/s).

A descarga do sistema de refrigeração será feita no canal sul da estrutura de rejeição da Central Térmica de Sines (CTS). A descarga terá um caudal aproximado de 4 472 m³/h (1.242 m³/s) e aumentos máximos de temperatura de 8°C e de salinidade de 0.17 ppt[1], relativamente ao ponto de captação.O aumento de salinidade pode-se considerar como residual (< 0.5% da salinidade na captação).

Na Figura 2 apresentam-se as estruturas a reutilizar no Projeto, destinadas à captação de água do mar e à restituição da água de arrefecimento do circuito aberto de refrigeração (conjuntamente com a descarga de efluente salino da dessalinização).



Figura 2– Estruturas de captação e restituição/descarga de água da CTS

2.3 Efeitos cumulativos do Projeto (GH2A)

Tal como foi feito na fase inicial de RECAP, os efeitos cumulativos só foram simulados para o cenário 5 (Tabela 2). Este cenário apresenta sistematicamente os maiores aumentos de temperatura no meio receptor.

[1] ppt – *parts per thousand* (partes por mil).

Os efeitos cumulativos do projeto GH2A foram quantificados utilizando a mesma metodologia de modelação numérica do EIA (descrita no Anexo 2). Foram corridos dois cenários de descarga um em que se considerou a descarga da Start Campus (Tabela 2) e outro onde se considera de forma cumulativa a descarga do projeto GH2A (Tabela 3).

Tabela 3 – Cenário cumulativo simulado.

Cenário	Condições meteo-oceanográficas	Batimetria	Captação	Rejeição
5A	Caso 1	Expansão do Porto 2 (futuro)	Bacia de captação da CTS 16.85 m^3/s + 1.248 m^3/s)	Canal Norte da estrutura de rejeição da CTS 16.85 m^3/s, +9°C + Canal Sul 1.242 m3/s, 8°C+0.17 ppt

Em termos absolutos, o aumento médio diário da temperatura devido à descarga de água quente (cenário cumulativo, Tabela 3) é inferior a +3.2ºC (Figura 3), continuando bastante abaixo do limite definido na legislação portuguesa para o aumento médio diário (+5ºC). O valor médio mensal continua também a ser inferior ao limite definido na legislação (+3ºC), já que nos restantes dias simulados o aumento médio diário da temperatura foi sempre inferior a 3ºC. No total (em fase de EIA), foram simulados 41 dias de cenários desfavoráveis para a dispersão da pluma (em 4 períodos distintos, ver Anexo 3). Para todos esses dias, há uma tendência clara de os valores médios diários serem sempre inferiores a 3ºC, excepto no dia (3-11-2017), que sem efeitos cumulativos apresenta um valor de aumento médio diário de 3.1ºC e com efeitos cumulativos devidos ao GH2A um valor de aumento médio diário de 3.2ºC (Figura 3).

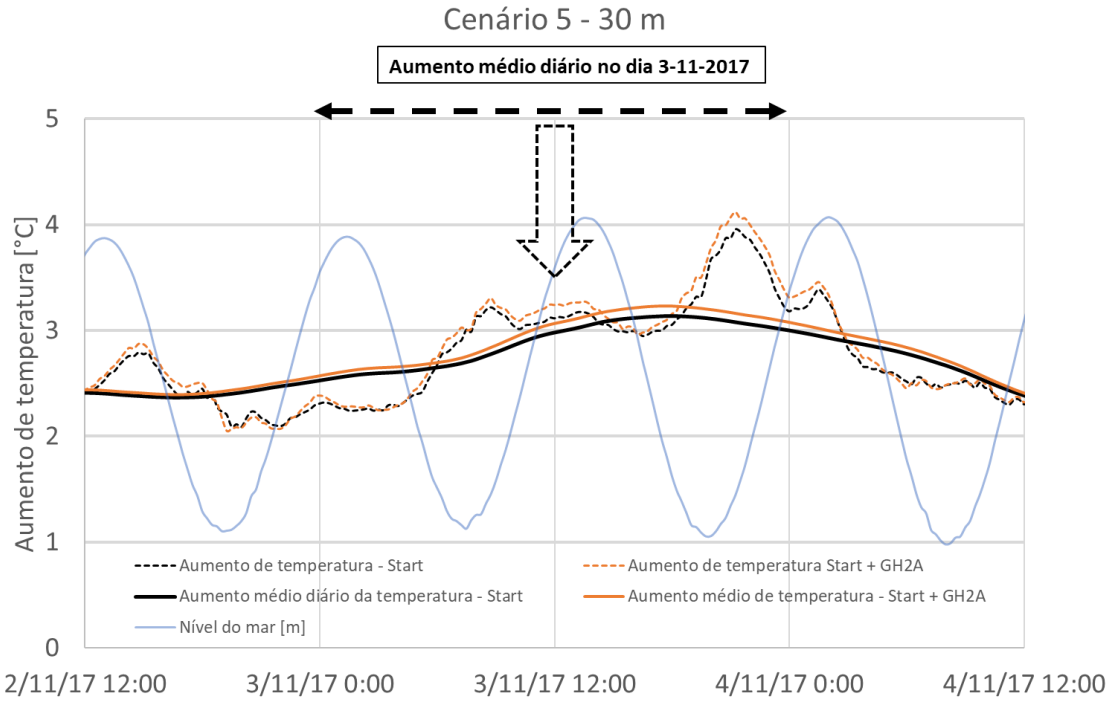


Figura 3 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 5 focado no dia de maiores aumentos médios diários (3-11-2017): linhas a verde – sem efeitos cumulativos (Cenário 5), linhas a laranja– com efeitos cumulativos (Cenário 5A).

De forma a verificar se o ponto representado na Figura 1, e analisado anteriormente, é representativo dos aumentos que ocorrem na zona próxima da descarga, calculou-se o mapa do aumento de temperatura médio diário para o cenário 5A (cenário cumulativo) para o dia (3-11-2017) em que o modelo apresentou os maiores aumentos médios diários. Este mapa (Figura 4), por sua vez resulta da média dos valores obtidos a 1 m, 2 m e 3 m em cada célula do modelo seguindo a mesma metodologia seguida para o ponto localizado a 30 m (Figura 3). O mapa mostra que o ponto escolhido é representativo dos aumentos de temperatura a 30 m da estrutura de descarga (Figura 5).

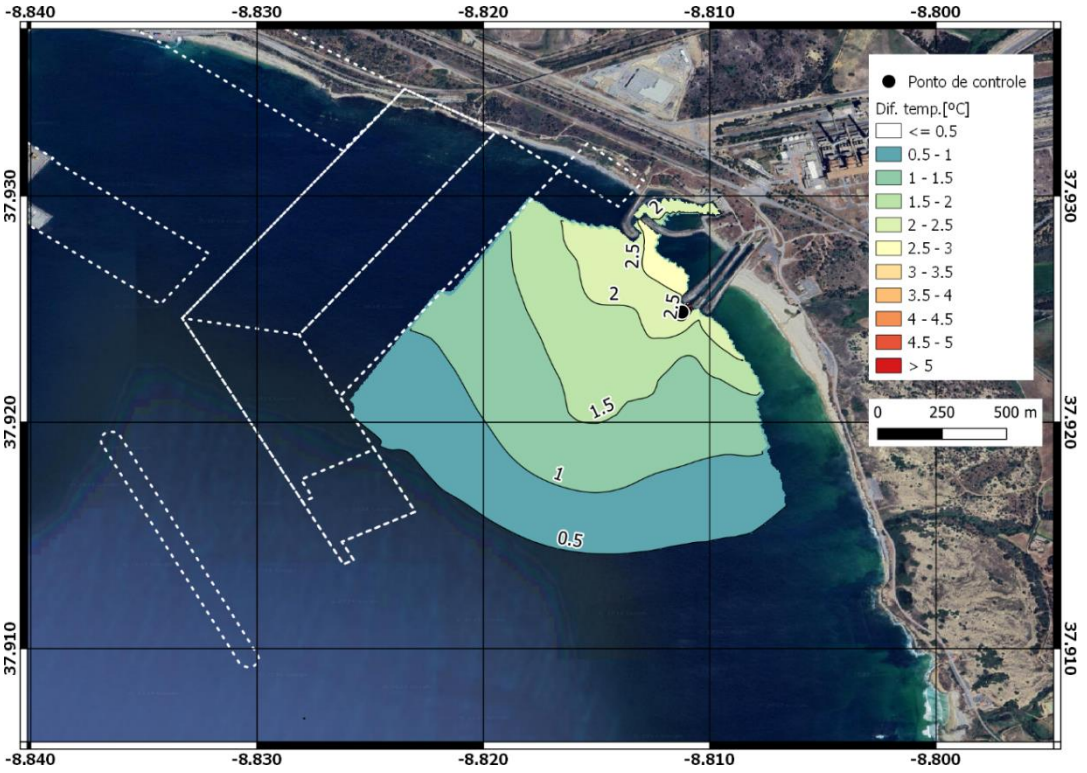


Figura 4 – Aumento da temperatura média diária para o dia 3-11-2017. Cenário 5A - com efeitos cumulativos do projeto GH2A.

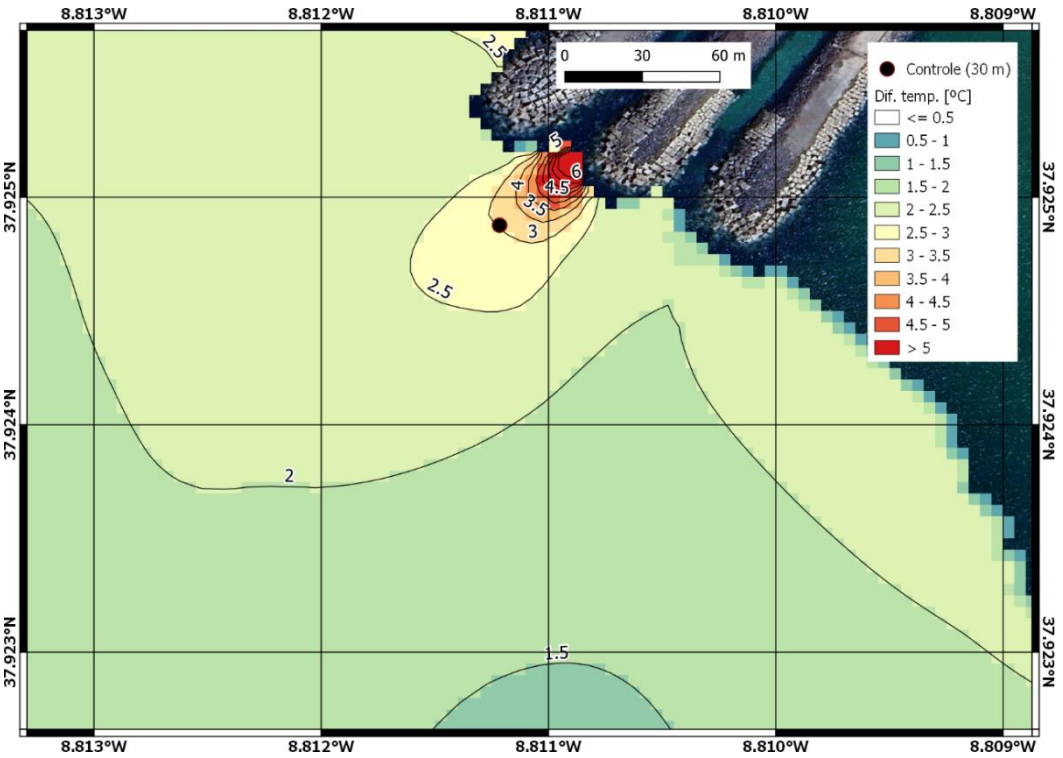


Figura 5 – Aumento da temperatura média diária para o dia 3-11-2017. Zona próxima da descarga. Cenário 5A, com efeitos cumulativos do projeto GH2A.

3 Conclusões

O sistema de arrefecimento do Centro de Dados da Start Campus terá a necessidade no futuro, em situações extremas, de captar 16.85 m^3/s na bacia de adução da antiga CTS e rejeitar este mesmo caudal 9ºC acima do meio no canal norte da estrutura de descarga da CTS.

Em fase de EIA concluiu-se que os valores do aumento médio diário da temperatura, a 30 m do canal de saída, são inferiores ao Valor Limite de Emissão, definidos no Decreto-Lei 236/98.

Em termos absolutos, o máximo aumento médio diário da temperatura, considerando o efluente da Start Campus mais o do projeto GH2A, é de 3.2ºC, bastante abaixo do limite definido na legislação portuguesa (+5ºC). O valor médio mensal continua também a ser inferior ao limite definido na legislação (+3ºC).

Conclui-se assim que o efeito cumulativo do projeto GH2A, assim como o ligeiro aumento de caudal avaliado numa fase inicial do RECAPE (16 m^3/s passou para 16.85 m^3/s), não altera as conclusões do EIA.

4 Anexo 1 – Cenários considerados no EIA

4.1 Cenários meteo-oceanográficos críticos

Em estudos anteriores (e.g. Nemus/Hidromod, 2014) foi caracterizada a dispersão superficial da pluma térmica associada ao sistema de refrigeração da antiga CTS. Esta caracterização mostrou que a dispersão da pluma térmica é condicionada de forma dominante pelo regime de ventos (Figura 6). Globalmente, a pluma tende a ser mais rodada a sul para regime de ventos do setor norte (NW/NE), rodada a norte quando o regime de ventos é do setor sul (SW/SE) e alinhada com o eixo médio dos molhes da central da EDP quando o vento é predominantemente de NE. Pode-se claramente associar a eventos extremos de temperatura uma redução clara da capacidade de dispersão do meio de uma pluma térmica emitida no canal da antiga CTS. Este tipo de evento está normalmente associado a situações de vento do Sector Sul que tendem a transportar a pluma para norte e a aprisionar esta entre o ponto de descarga e as estruturas portuários localizadas a Norte (Figura 6). Adicionalmente, quando a pluma tende a ser transportada para norte aumenta probabilidade de *bypass,* ou seja, do sistema de captação (localizado a norte da descarga) bombar água perturbada de forma significativa pela própria pluma o que gera uma retroalimentação que faz aumentar a temperatura da pluma térmica associada à rejeição.

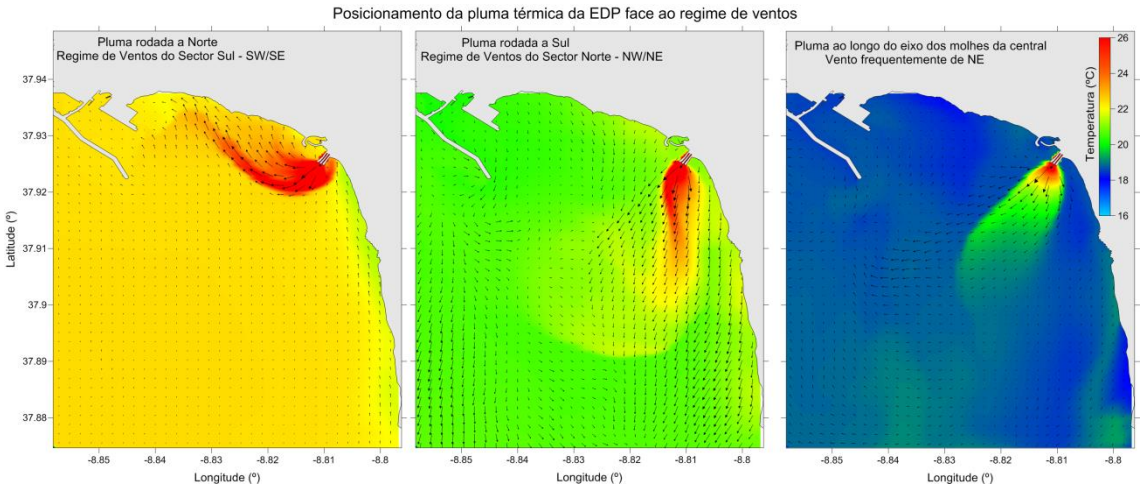


Figura 6 – Posicionamento da pluma face ao regime de ventos típicos na área de estudo (Nemus/Hidromod, 2014).

Os cenários a simular foram definidos considerando eventos críticos onde a temperatura do mar registada ao longo de todo o período de interesse é superior a 18.5°C, e adicionalmente a temperatura de 20°C é excedida por um período superior a 12 horas na área de estudo. Desde 2015 até ao tempo atual foram identificados 9 eventos com estas características (Tabela 4). Os dados *in situ* da boia de Sines apresentam algumas falhas que foram preenchidas com dados de satélite.

Estes eventos de aumentos extremos de temperatura foram agrupados em quatro condições meteo-oceanográficas tipo, nomeadamente: 1- Vento forte sul; 2- Vento sudoeste moderado; 3- Contracorrente de sul, (Relvas e Barton, 2005, Teles-Machado et al., 2007); 4- Vento moderado de sul alternando com vento fraco de norte. Entre os 9 eventos identificados desde 2015 (Tabela 4) foram escolhidos 4 (Casos) representativos de cada uma das condições tipo descritas acima (Tabela 5).

Tabela 4 – Eventos com temperatura da superfície do mar acima de 18.5°C que atingiram valores acima de 20.0ºC na área de estudo desde 2015.

N	EVENTOS ≥18.5°C		DURAÇÃO		EVENTOS ≥20.0°C		DURAÇÃO	
	Início	Fim	horas	dias	Início	Fim	horas	dias
1	2015-06-16 05h	2015-06-30 18h	349	14.5	2015-06-20 17h	2015-06-21 23h	31	1
2	2015-10-04 12h	2015-10-09 08h	116	4.8	2015-10-05 12h	2015-10-06 14h	27	1
3	2016-07-24 00h	2016-07-26 07h	55	2.3	2016-07-24 12h	2016-07-24 12h	24	1
4	2016-08-12 08h	2016-09-16 04h	836	34.8	2016-08-13 05h	2016-09-02 03h	479	20
5	2017-06-17 07h	2017-06-30 11h	316	13.2	2017-06-18 12h	2017-06-25 07h	164	7
6	2017-10-29 17h	2017-11-06 11h	186	7.8	2017-11-02 21h	2017-11-05 04h	56	2
7	2018-09-25 11h	2018-10-17 12h	529	22.0	2018-09-28 13h	2018-10-13 14h	362	15
8	2020-09-14 14h	2020-09-26 00h	274	11.4	2020-09-20 12h	2020-09-23 12h	96	4
9	2021-09-04 15h	2021-09-18 13h	334	13.9	2021-09-06 17h	2021-09-16 07h	231	10

Tabela 5– Cenários meteo-oceanográficos considerados.

CASO	CENÁRIOS METEO-OCEANOGRÁFICOS	PERÍODO
1	Intenso vento de Sul	Novembro 1-7, 2017 (7 dias)
2	Vento sudoeste moderado a intenso	Setembro 16-25, 2020 (10 dias)
3	Contracorrente quente vinda de sul (Relvas & Barton, 2005)	Junho 16-25, 2017 (10 dias)
4	Vento sul moderado alternando com vento fraco de norte	Setembro 5-18 (14 dias)

Estes 4 casos (ou cenários) meteo-oceanográficos foram caracterizados com base em dados de temperatura da superfície do mar *in situ* e satélite. Para caracterizar as condições do vento durante os eventos, foram utilizados dados locais da estação meteorológica de Sines (média horária), mas também dados de reanálise ERA5, especialmente para uma avaliação espacial do padrão do vento. Utilizando a intensidade do vento e a direção dos dados in situ, o vento foi separado por componentes, zonal (wind-u) e meridional (wind-y) e o índice de afloramento (ou *Upwelling Index* - UI) foi calculado com base na componente meridional. Na análise das condições meteo-oceanográficos, avaliaram-se também a média horária da temperatura do ar *in situ* (estação meteorológica de Porto de Sines) e a corrente oceânica (componente zonal – Current U e a componente meridional – Current V) obtidas a partir de um modelo de

alta resolução (MOHID Sines 50 m). Este modelo é corrido em modo de previsão pela Hidromod de forma a dar suporte a operações na zona costeira de Sines (Bartolomeu et al., 2018, monitorização do emissário de Santo André, aquacultura no Porto de Sines, serviço de arribada de algas – antiga CTS). A variação dos parâmetros meteo-oceanográficos de interesse ao longo de cada evento está apresentada nas seguintes figuras:

- Caso 1 – Figura 7 ;
- Caso 2 – Figura 8;
- Caso 3 – Figura 9;
- Caso 4 – Figura 10.

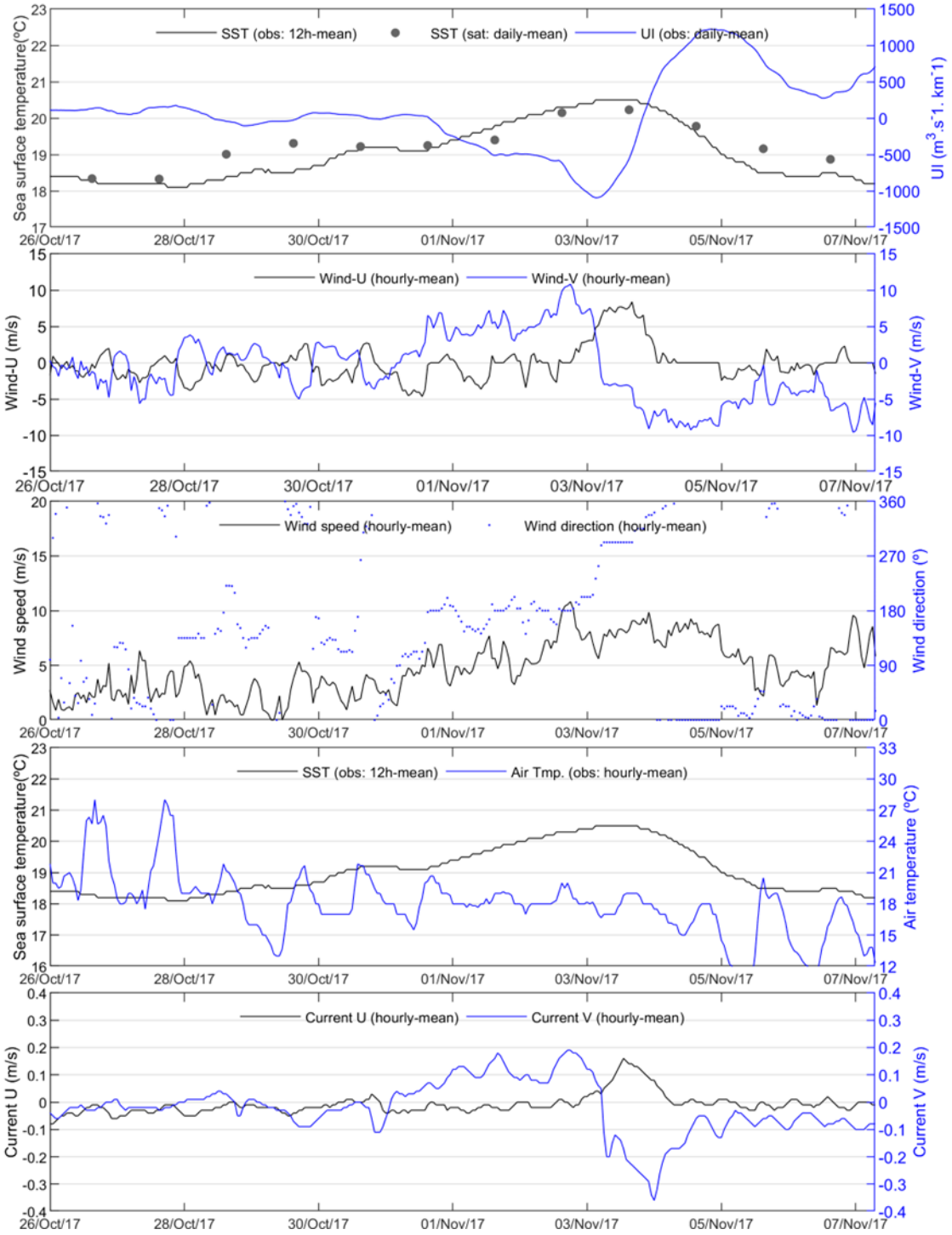


Figura 7 – Cenário meteo-oceanográfico - Caso 1 (Tabela 5).

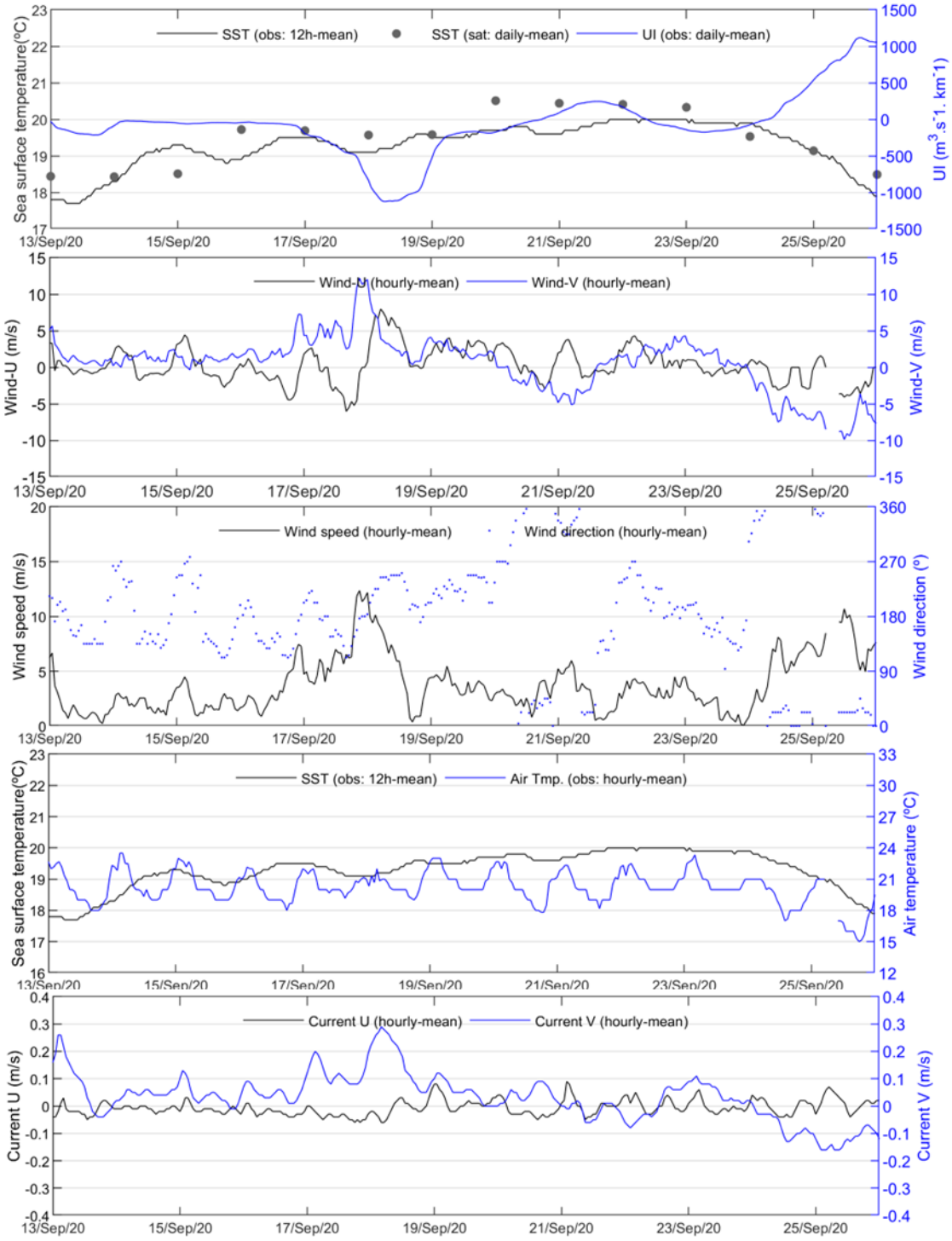


Figura 8 – Cenário meteo-oceanográfico - Caso 2 (Tabela 5).

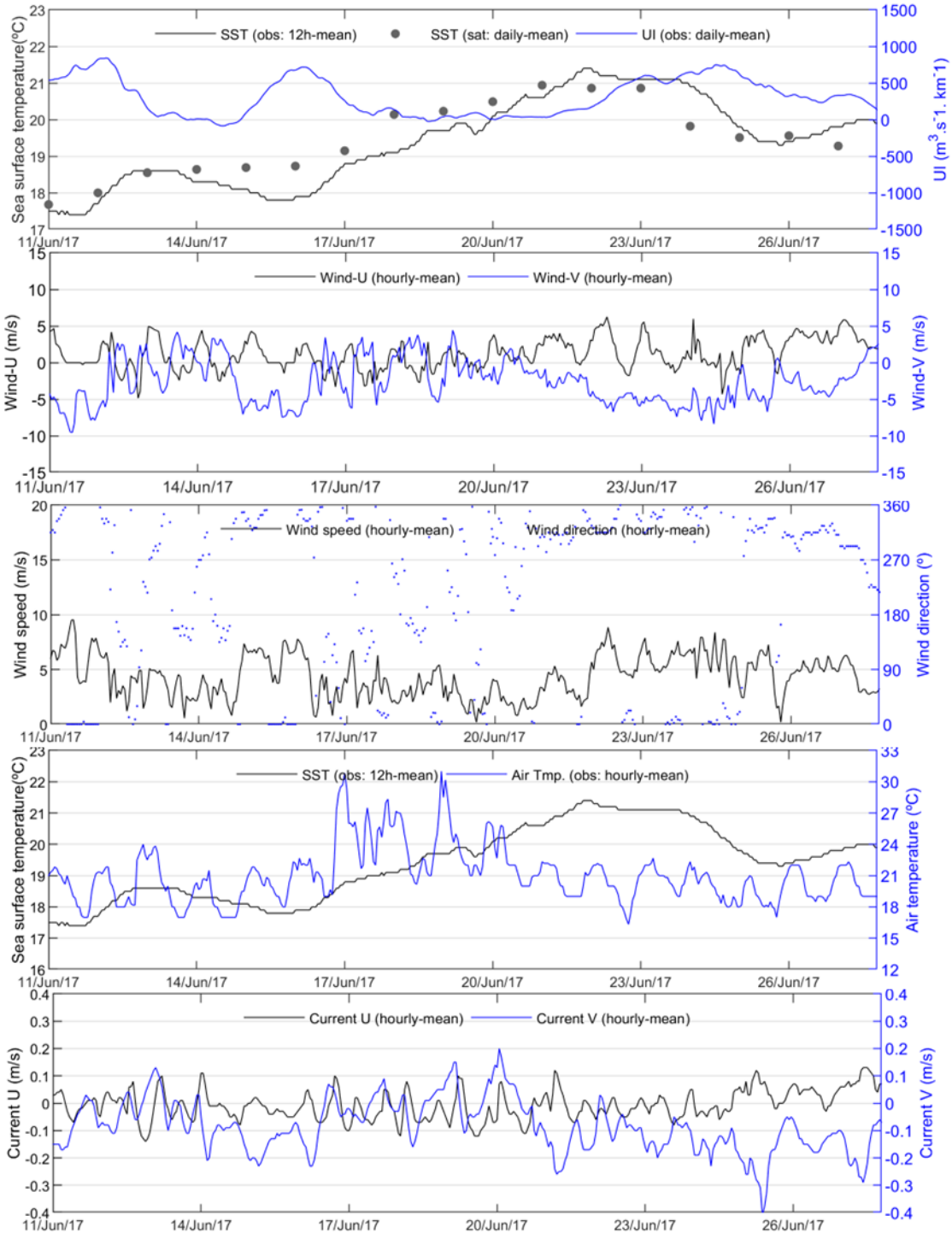


Figura 9 – Cenário meteo-oceanográfico - Caso 3 (Tabela 5).

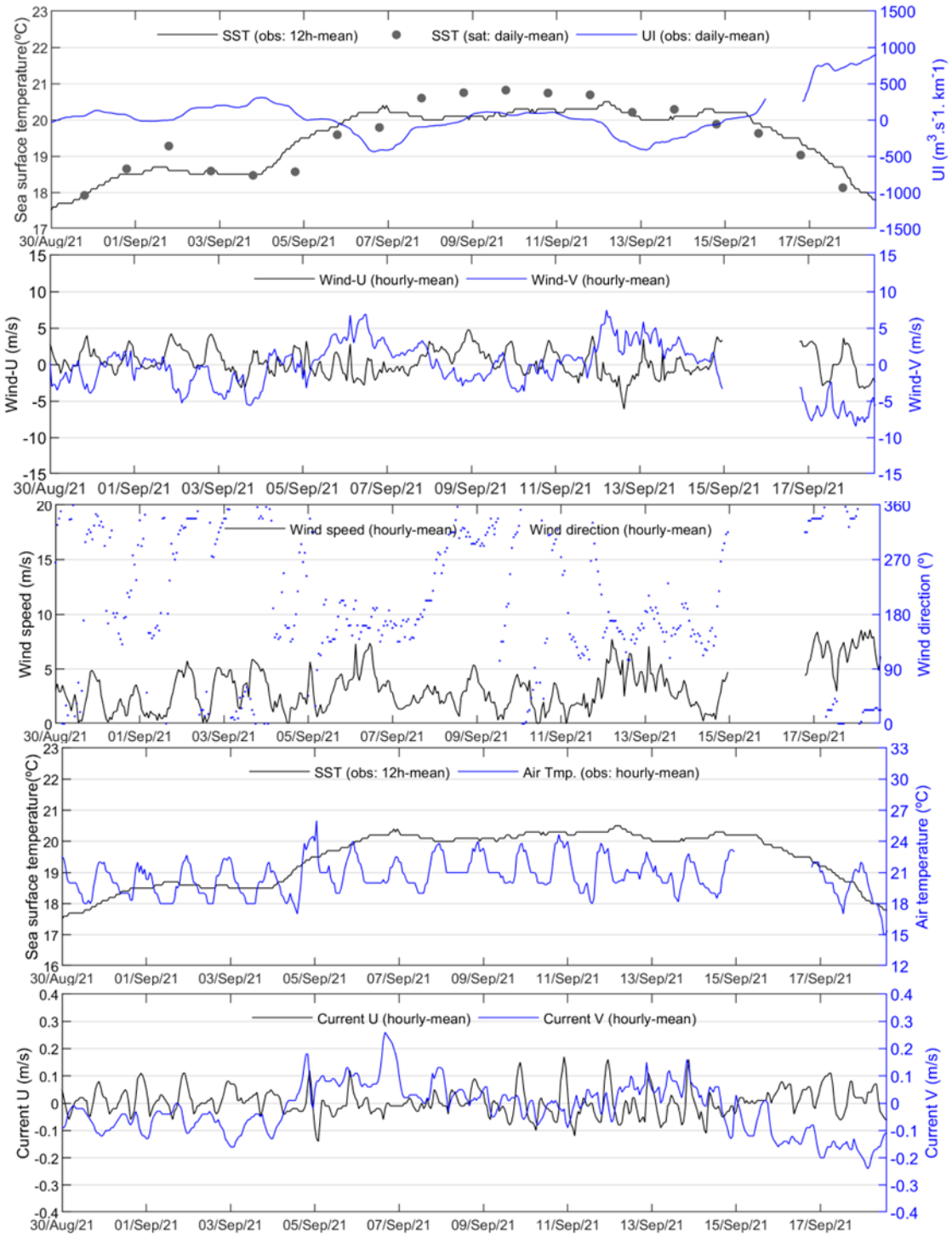


Figura 10 – Cenário meteo-oceanográfico - Caso 4 (Tabela 5).

4.2 Cenários considerados para a infraestrutura costeira

A informação recolhida junto da Autoridade Portuária aponta para os cenários de expansão apresentados na Figura 11. Estes cenários foram utilizados num estudo anterior para o Porto de Sines no âmbito da avaliação ambiental do novo terminal de contentores: Terminal Vasco da Gama (TVG).

Atualmente, existe um terminal de contentores (Terminal XXI – TXXI) em funcionamento, que está a ser expandido. O atual quebra-mar, conhecido como Molhe Leste está a ser prolongado em 750 m para proteção adicional da área de atracação[2]. O plano de expansão deste terminal dotará a infraestrutura com uma frente de cais de 1950 metros, (dividida em uma frente de 1750 m e outra de 200 m) e uma área de armazenamento de 60 hectares (permitindo a atracação simultânea de quatro navios porta- contentores de última geração e um navio feeder e o aumento da capacidade dos atuais 2.3 milhões para 4.1 M TEU). Uma vez que esta expansão está em curso, foi considerada como sendo a situação base ou de referência do *layout* portuário[3]. Este cenário corresponde à batimetria do lado esquerdo representada na Figura 24.

O TVG está a ser promovido pela autoridade portuária, mas o seu desenvolvimento ainda é incerto[4]. Terá uma frente de cais de 1375 metros e uma área de armazenamento de 46 hectares (permitindo a atracação simultânea de três navios porta-contentores de última geração). A configuração batimétrica utilizada na sua avaliação ambiental está representada no lado direito da Figura 11.

[2] https://www.apsinesalgarve.pt/media/4065/ficha-projeto_2021_12_31.pdf

[3] https://www.apsinesalgarve.pt/port-of-sines/the-port/terminals/container-terminal/

[4] https://www.apsinesalgarve.pt/noticias/2019/conselho-de-ministros-aprova-novo-terminal-vasco-da-gama-e-amplia%C3%A7%C3%A3o-do-atual-terminal-xxi-do-porto-de-sines/

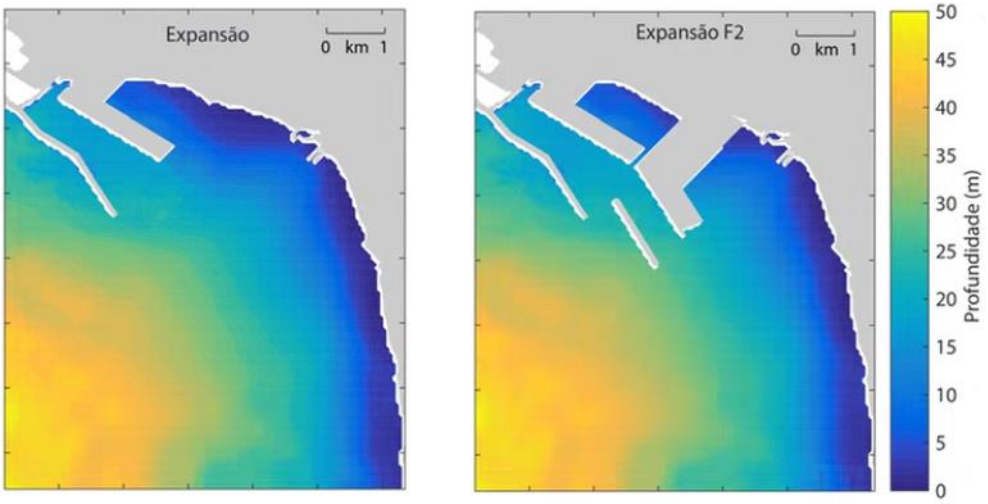


Figura 11 – Layout portuário de Sines – cenário de base à esquerda e futuro terminal TVG à direita.

5 Anexo 2 – Modelação numérica

5.1 Sistema de modelos MOHID

As simulações numéricas dos vários cenários foram realizadas com o modelo MOHID Water Modeling System[5]. Este é constituído por vários módulos capazes de simular os principais processos físicos e biogeoquímicos que ocorrem em sistemas oceânicos, costeiros e estuarinos. O módulo hidrodinâmico é o núcleo do MOHID. É um modelo tridimensional que resolve as equações de Navier-Stokes com base nas aproximações de Boussinesq e hidrostática. As equações são resolvidas seguindo uma discretização espacial por volume finitos, que permite implementar simultaneamente vários tipos de coordenadas verticais (e.g. cartesiana, sigma, dupla-sigma). O MOHID está acoplado ao modelo GOTM (Global Ocean Turbulence Model), que consiste num conjunto de modelos de turbulência (Buchard et al., 1999; Villarreal et al., 2005).

5.2 Implementação de modelos

A hidrodinâmica na área de interesse é influenciada pela circulação oceânica geral de grande escala na costa portuguesa e por processos locais. Neste contexto, foi implementado um sistema integrado de modelos encaixados, capaz de simular a circulação à escala regional na costa sudoeste portuguesa e os constrangimentos batimétricos induzidos pelas infraestruturas portuárias do porto de Sines sobre a circulação local. A metodologia dos modelos encaixados é uma forma eficiente de sobrepor processos com diferentes escalas espaciais, permitindo forçar modelos locais com processos de grande escala (Leitão et al., 2005; Franz et al., 2016). Esta estratégia de modelação permite integrar processos com uma escala de centenas de quilómetros, como é o caso da maré, com processos de dezenas de metros de escala, como é o caso da circulação na área abrigada do porto. A comunicação entre os modelos é realizada em modo unidirecional (isto é, só os modelos de maior escala influenciam os modelos de menor escala). Os modelos "pais" transmitem a informação aos seus "filhos" como condições de fronteira (nível do mar, correntes, salinidade e temperatura).

O sistema de modelação implementado inclui quatro modelos encaixados. Todos os modelos têm em conta o efeito dos gradientes de densidade sobre o escoamento (modelos baroclínicos tridimensionais). O primeiro modelo (PCOMS) cobre a costa portuguesa com cerca de 6 km de resolução horizontal. O PCOMS é um modelo corrido em modo de previsão pela Hidromod e pelo Instituto Superior Técnico (IST) desde

[5] www.mohid.com

2009 (Mateus et al., 2012). Os segundo e terceiro modelos cobrem a costa sudoeste portuguesa com uma resolução horizontal de cerca de 1 km e 250 m, respetivamente, cuja malha de cálculo está centrada no Porto de Sines. O último modelo foi implementado com uma resolução horizontal que varia entre os 50 m e os 10 m (Figura 25). A maior resolução espacial do modelo está focada na zona da rejeição e da captação da antiga CTS.

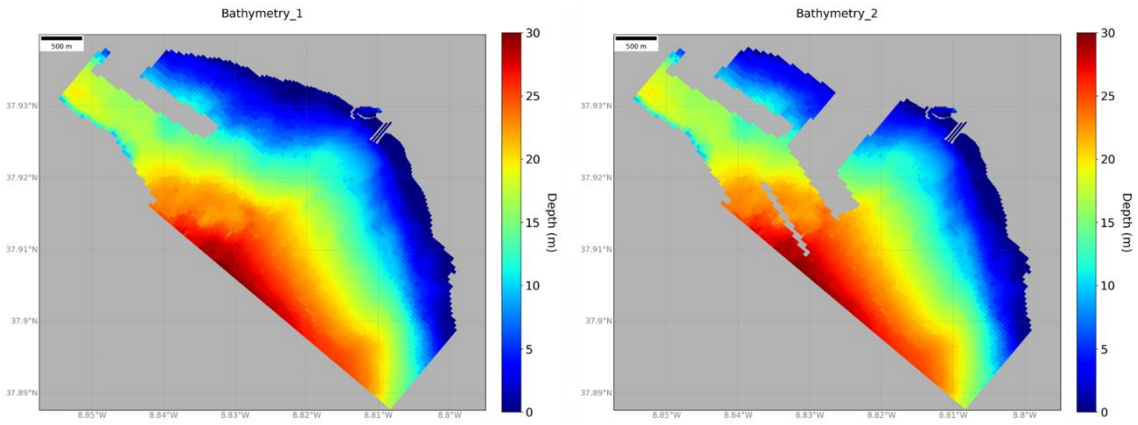


Figura 12 – Batimetria do modelo detalhado para a zona do Porto de Sines considerando duas soluções de conceção planeadas para a expansão portuária.

A discretização vertical que apresentou melhores resultados no processo de validação consiste num domínio cartesiano com 22 camadas até 1 m abaixo do zero hidrográfico (camadas de espessura de 9 m a 0.3 m), sobreposta por um domínio Sigma com 12 camadas (de 1 m abaixo do zero hidrográfico até à superfície do mar). A espessura das camadas sigma são definidas em percentagem da coluna de água representada. Neste caso, foi considerada uma espessura de camada de 11.5% a 1 m de profundidade atingindo 6.5% próximo da superfície do mar. Camadas mais finas junto à superfície (10 cm a 30 cm) visam capturar a forte estratificação induzida pela pluma térmica.

A condição de fronteira superficial (interface mar-atmosfera) de diferentes parâmetros atmosféricos (por exemplo, velocidade do vento, temperatura do ar, radiação, humidade relativa, cobertura de nuvens) foi definida com base no mesmo forçamento utilizado pelo modelo PCOMS por uma questão de consistência (Mateus et al., 2012).

6 Anexo 3 – Séries temporais de aumento de temperatura a 30m da descarga

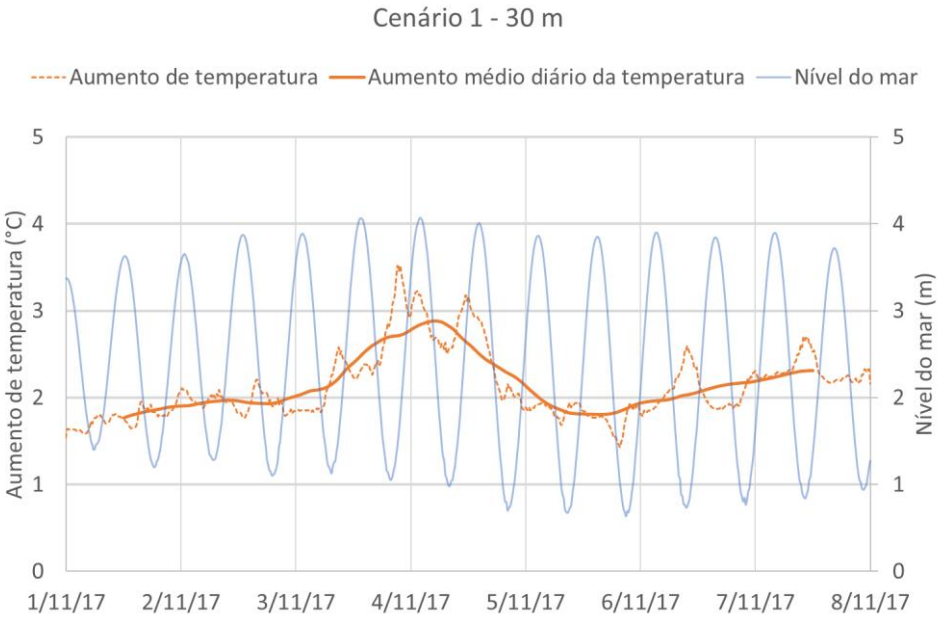


Figura 13 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 1.

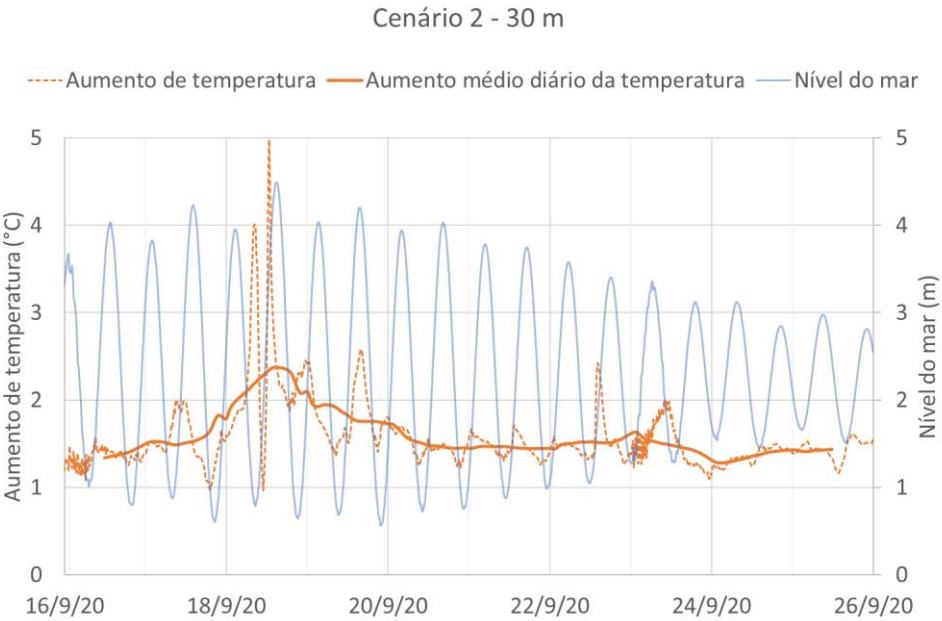


Figura 14 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 2.

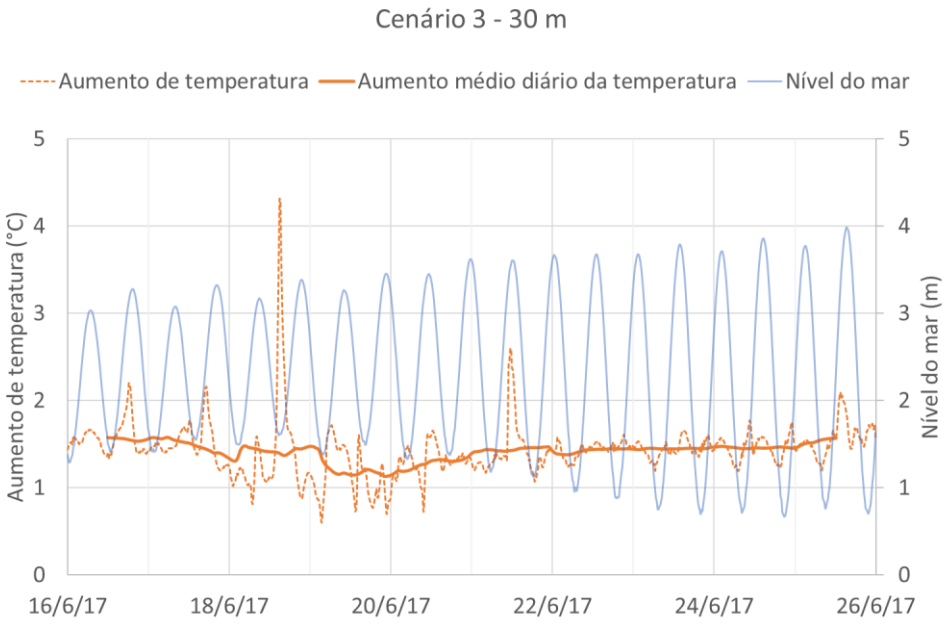


Figura 15 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 3.

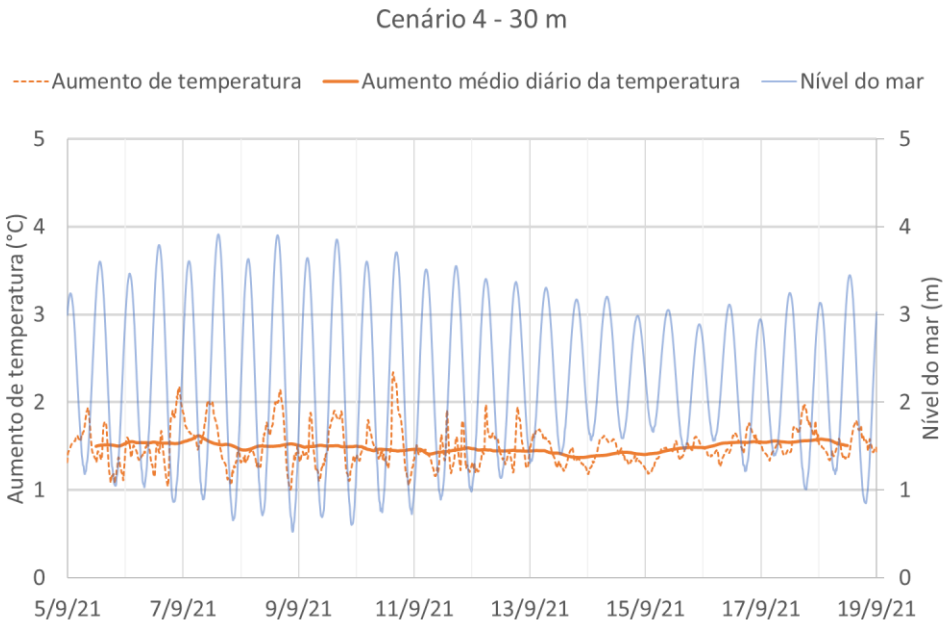


Figura 16 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 4.

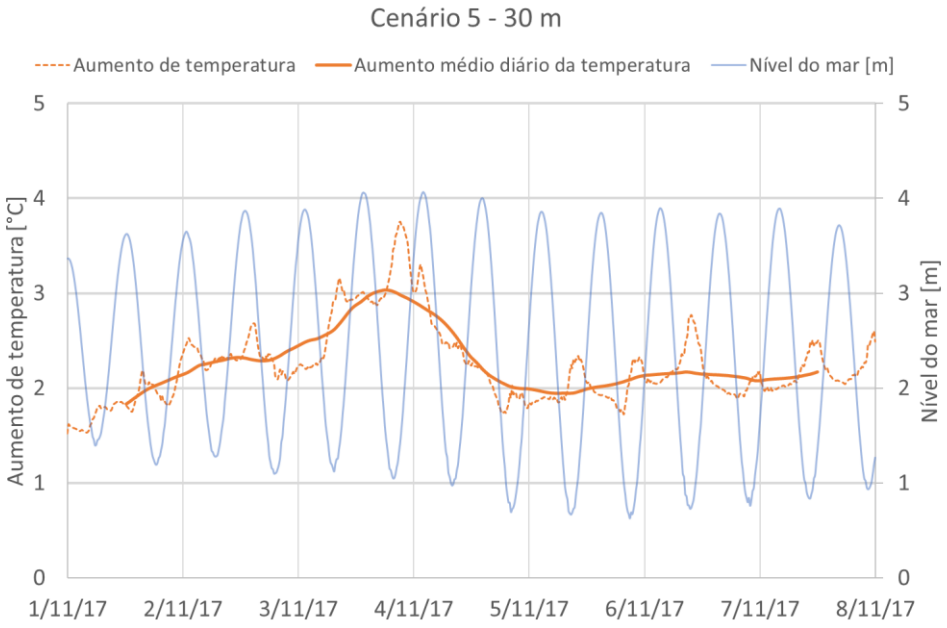


Figura 17 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 5.

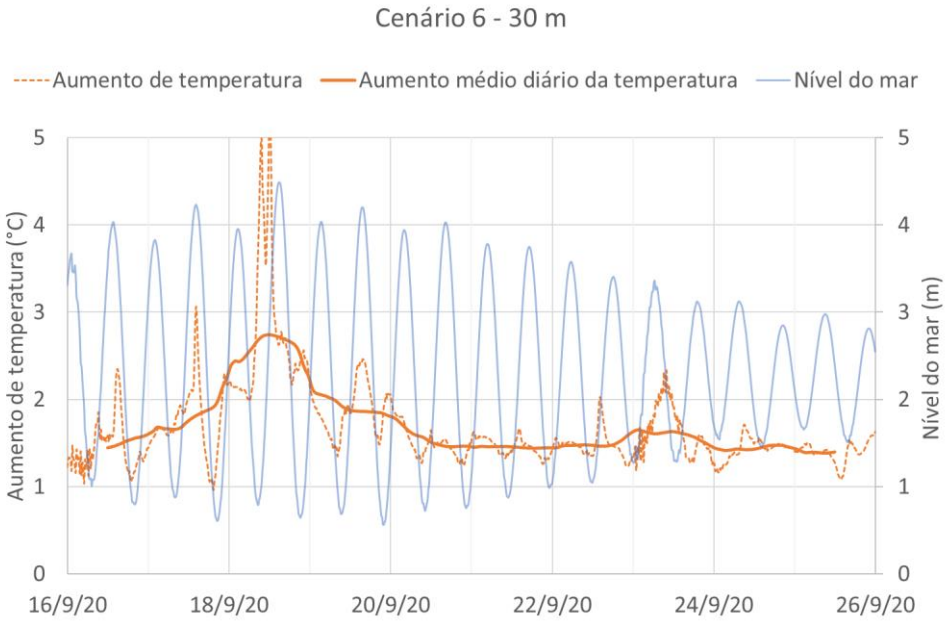


Figura 18 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 6.

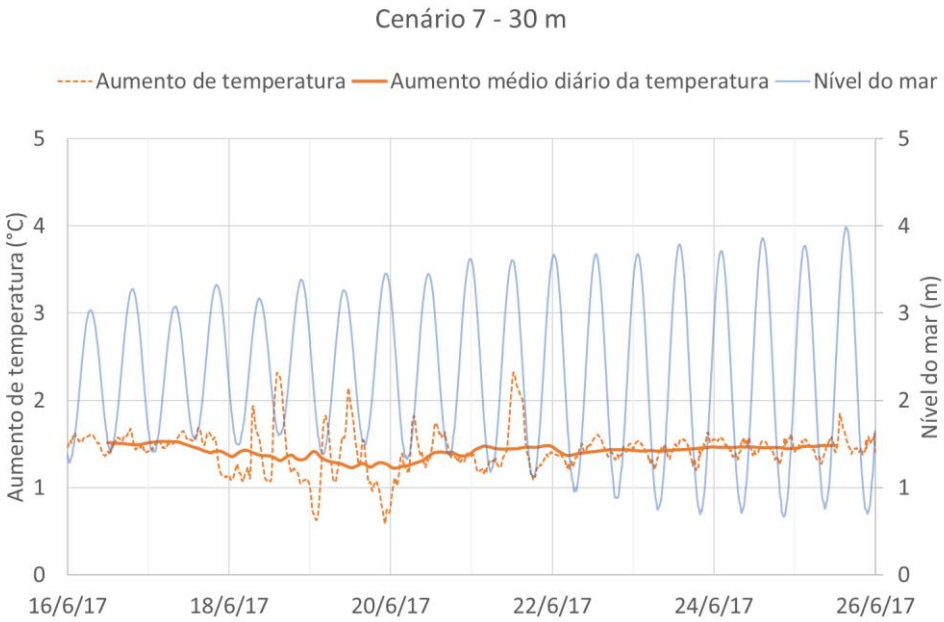


Figura 19 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 7.

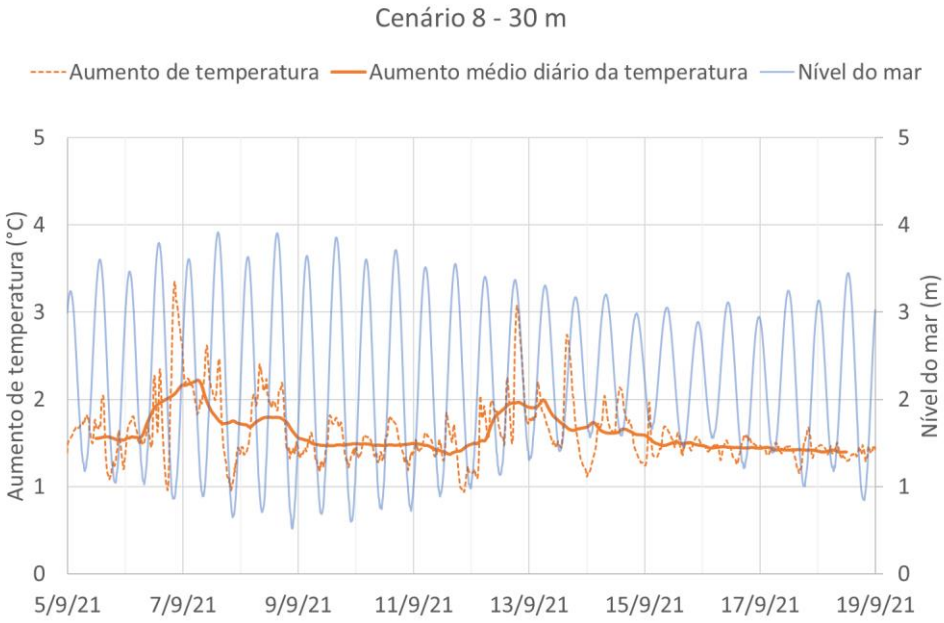


Figura 20 – Aumento da temperatura a 30 m para o cenário 8.

7 Anexo 4 - Referências

Bartolomeu, S., Leitão, J.C., Rodrigues, J., Leitão, P.C. and Silva, A., 2018. Serviço de previsão para suporte a estabelecimentos de culturas marinhas. 5as Jornadas de Engenharia Hidrográfica, Lisboa.

Buchard, H., Bolding, K., Villarreal, M.R., 1999. GOTM, a General Ocean Turbulence Model. Theory, implementation and test cases. Report EUR18745 EN, European Comission, 103 pp.

Franz G, Leitão P, Santos A, Juliano M, Neves R. From regional to local scale modelling on the south-eastern Brazilian shelf: case study of Paranaguá estuarine system. Brazilian Journal of Oceanography. 2016; 64(3): 277-294

Leitão P, Coelho H, Santos A, Neves R. Modelling the main features of the Algarve coastal circulation during July 2004: A downscaling approach. Journal of Atmospheric & Ocean Science. 2005; 10(4): 421-462.

Mateus M, Riflet G, Chambel P, Fernandes L, Fernandes R, Juliano M, Campuzano F, de Pablo H, Neves R. An operational model for the West Iberian coast: products and services. Ocean Science. 2012; 8: 713-732.

Nemus/Hidromod (2014). Estudo de Impacte Ambiental da Expansão do Terminal de Contentores (TXXI) do Porto de Sines (3.ª e 4.ª fases).

Relvas, P. and Barton, E.D., 2005. A separated jet and coastal counterflow during upwelling relaxation off Cape São Vicente (Iberian Peninsula). *Continental Shelf Research*, *25*(1), pp.29-49.

Teles-Machado, A., A. Peliz, J. Dubert, and R. F. Sanchez (2007), On the onset of the Gulf of Cadiz Coastal Countercurrent, Geophys. Res. Lett., 34, L12601, doi:10.1029/2007GL030091

Villarreal, M.R., Bolding, K., Burchard, H., Demirov, E., 2005. Coupling of the GOTM turbulence module to some three-dimensional ocean models, pp. 225-237. In: Baumert, H.Z., J.H. Simpson, and J. Sündermann (eds.), Marine Turbulence: Theories, Observations and Models, Cambridge University Press, Cambridge, 630 pp.