PROJECTO DA CENTRAL TERMOELÉCTRICA FLUTUANTE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA, MAPUTO



ELECTRICIDADE DE MOÇAMBIQUE, E.P.

Relatório de Estudos Especializados

VOLUME III

PARA EFEITOS DE CONSULTA PÚBLICA

IMPACTO
PROJECTOS E ESTUDOS AMBIENTAIS

Setembro de 2026

FICHA TÉCNICA

RELATÓRIO DE ESTUDOS ESPECIALIZADOS

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA O PROJECTO DA CENTRAL TERMOELÉCTRICA FLUTUANTE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA, MAPUTO

VOLUME III

PARA EFEITOS DE CONSULTA PÚBLICA

Preparado por:	Preparado para:
IMPACTO, Projectos e Estudos de Impacto Ambiental, Lda Rua de Kassuende, n.º 296 Maputo, Moçambique Telefone: (+258) 21 499 636 Email: impacto@impacto.co.mz Portal da internet: www.impacto.co.mz	Electricidade de Moçambique, E.P. Av. Zedequias Manganhela 267 Prédio JAT IV Maputo, Moçambique Tel: 21 32 82 71 Fax: 21 43 10 29 Portal da internet: www.edm.co.mz

Fevereiro de 2026

PROJECTO DA CENTRAL TERMOELÉCTRICA FLUTUANTE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA, MAPUTO

PROPOSTO POR:

ELECTRICIDADE DE MOÇAMBIQUE, E.P.

Relatório do Estudo de Impacto Ambiental e Social

RELATÓRIO DE ESTUDOS ESPECIALIZADOS – VOLUME III

PREPARADO PARA EFEITOS DE CONSULTA PÚBLICA POR:

IMPACTO, Lda

Rua de Kassuende, 296

Maputo, Moçambique

Telefone: (+258) 21 499 636

Portal de Internet: www.impacto.co.mz

COMO OBTER INFORMAÇÃO ADICIONAL SOBRE O PROJECTO

O **Relatório do Estudo de Impacto Ambiental e Social**, assim como este **Estudos Especializados**, estão disponíveis para consulta pelos interessados no portal de Internet da IMPACTO (www.impacto.co.mz)**.** Cópias impressas estão disponíveis para consulta nos seguintes locais:

Cidade de Maputo:	**Província de Maputo:**
▪ Direcção Nacional do Ambiente e Mudanças Climáticas (DINAMC) ▪ Instituto Nacional do Petróleo (INP) ▪ IMPACTO, Lda	▪ Serviço Provincial do Ambiente (SPA) ▪ Serviço Provincial de Infraestruturas (SPI)

Para receber informação adicional sobre o Projecto e o Processo de AIA, ou para colocar as suas questões, comentários ou sugestões, contacte-nos através dos seguintes meios:

IMPACTO, Lda

Sector de Consulta Pública

Rua de Kassuende, 296, Maputo

E-mail: consulta.publica@impacto.co.mz

Linha telefónica grátis (telemóvel, a partir de qualquer rede): (+258) 85 8381349

Atendimento: segundas e quartas, das 10 às 12 horas, até ao dia 29 de Outubro de 2026

Fevereiro de 2026

Este volume é composto pelos seguintes Estudos Especializados:

1. Estudo Especializado sobre os Impactos da emissão de ruído
2. Estudo Especializado em Pluma de Dragagem
3. Relatório de Estudo de Impacto Ambiental Resultante de Dragagem na Macrofauna Aquática, Plâncton, Ictiofauna, Mangais e Salinas
4. Pegada de Carbono da Central Termoeléctrica Flutuante de Produção de Energia
5. Estudo Especializado em Modelação de Pluma Térmica
6. Monitorização do Ruído e das Vibrações e Avaliação da Central Termoeléctrica Flutuante
7. Avaliação da Qualidade do Ar para o Projecto da Central Termoeléctrica Flutuante
8. HAZID & HAZOP

ESTUDOS ESPECIALIZADOS

EE-1

Estudo Especializado sobre os Impactos da Emissão de Ruído

FUTURE IMPACT
ENVIRONMENTAL MODELLING & CONSULTING



AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO RUÍDO EM RECEPTORES HUMANOS

PROJECTO DA KARPOWERSHIP, PORTO DE M ATOLA

MAPUTO, MOÇAMBIQUE

Future Impact (Pty) Ltd
Registration Number: 2023/628817/07
Dr Brett Williams: +27 83 550 2137
Mr Jason Hutten: +27 73 151 1937

ÍNDICE

PÁGINA DE INFORMAÇÃO 3
SUMÁRIO EXECUTIVO 5
ABREVIATURAS E DEFINIÇÕES 6

1. INTRODUÇÃO E METODOLOGIA 7

1.1. ESCOPO E OBJECTIVO 7
1.2. ABORDAGEM E METODOLOGIA 7
1.3. METODOLOGIA DO ESTUDO DOCUMENTAL 7
1.4. ESTUDO DE CAMPO 8
1.5. SUPOSIÇÕES E LIMITAÇÕES 9
1.5.1. Premissas: 9
1.6. FONTES DE INFORMAÇÃO 9

2. DESCRIÇÃO DOS ASPECTOS DO PROJECTO RELEVANTES AOS IMPACTOS DE RUÍDO 11

2.1. DESCRIÇÃO DETALHADA DO PROJECTO 11

3. IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RUÍDO 12

3.1. FONTES DE RUÍDO DO PROJECTO DURANTE A FASE DE CONSTRUÇÃO 12
3.2. FONTES DE RUÍDO DO PROJECTO DURANTE A FASE OPERACIONAL 12

4. IDENTIFICAÇÃO DE QUESTÕES-CHAVE 16

5. LEGISLAÇÃO E DIRECTRIZES PERTINENTES 17

6. RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO DO RUÍDO DE FUNDO 18

7. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO RUÍDO 26

7.1. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS 26
7.2. FASE DE CONSTRUÇÃO (LINHA ELÉCTRICA) 26
7.3. FASE OPERACIONAL 29
7.4. FASE DE DESACTIVAÇÃO 31
7.5. IMPACTOS CUMULATIVOS 31

8. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES 32

REFERÊNCIAS 33
APÊNDICES 35
APÊNDICE A: CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO 35
APÊNDICE B: NÍVEIS TÍPICOS DE POTÊNCIA SONORA E PRESSÃO SONORA 36
APÊNDICE C: CREDENCIAIS DE ESPECIALISTA 37
APÊNDICE D: METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO 40
APÊNDICE E: SELECÇÃO DO PERFIL DE RUÍDO 43

Lista de Tabelas

Tabela 1: Detalhes do Ponto de Monitorização 8
Tabela 2: Tipos de equipamentos a serem utilizados na obra (Fase de Construção). 12
Tabela 3: Principais fontes de ruído de uma Central Termoeléctrica Flutuante (classe Khan) do estudo de campo Subacoustech em 2022. 13
Tabela 4: Dados do estudo de campo no Gana 14
Tabela 5: Níveis de classificação IFC típicos para o ruído em vários tipos de receptores. 17

Tabela 6: Dados do estudo de campo 19
Tabela 7: Níveis de ruído alvo em cada NSA 25
Tabela 8: Combinação das fontes de ruído da construção - pior caso. 26
Tabela 9: Combinação de diferentes fontes de ruído de construção - Baixo impacto. 26
Tabela 10: Atenuação por distância de uma fonte de ruído de 117,7dB(A) 27
Tabela 11: Níveis de ruído previstos durante a fase de construção. 27
Tabela 12: Impacto do ruído (fase de construção - linha eléctrica). 28
Tabela 13: Nível de ruído previsto nos receptores durante a fase operacional. 29
Tabela 14: Impacto do Ruído (Fase Operacional). 30
Tabela 4-1 Condições meteorológicas no momento da pesquisa 8
Tabela 4-2 – Níveis SPL_{RMQ} máximos, mínimos e médios registados pelo monitor estático na Matola entre 4 e 6 de Março, com base em períodos de amostra de 15 minutos 9
Tabela 9-4: Níveis de significância 43
Tabela 9-6: Avaliação do impacto do funcionamento da instalação com mitigação do projecto para o Cenário 2 - Concentrações de emissões do Powership 46

Lista de Figuras

Figura 1: Localização do projecto proposto 11
Figura 2: Fontes de ruído da Central Termoeléctrica Flutuante, da classe Khan no Gana (Subacoustech, 2022) 14
Figura 3: Grelhas onde se encontra a saída do calor de escape (Subacoustech, 2022) 15
Figura 4: Áreas sensíveis ao ruído (NSA) 17
Figura 5: Níveis de ruído previstos durante a fase operacional do projecto 30
Figura 8-2: Concentrações anuais previstas de SO2 no ambiente para o Projecto do Powership em µg/m3. O Cenário 1 - Padrões de Emissão de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 - Concentrações de Emissão do Powership é apresentado à direita. 29
Figura 8-3: O percentil 99 previsto das concentrações de SO_2 ambiente de 24 horas para o Projecto do Powership em µg/m^3. O Cenário 1 – Padrões de Emissões de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 – Concentrações de Emissões do Powership é apresentado à direita. 30
Figure 8-4: O percentil 99 previsto das concentrações de SO_2 ambiente de 1 hora para do Projecto do Powership em µg/m^3. O Cenário 1 – Padrões de Emissões de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 – Concentrações de Emissões do Powership é apresentado à direita. 31
Figura 8-5: Concentrações ambientais anuais previstas de NO_2 para o Projecto do Powership em µg/m^3. 34
Figura 8-6: O percentil 99 previsto das concentrações de NO_2 ambiente de 1 hora para o Projecto do Powership em µg/m^3. O Cenário 1 – Padrões de Emissões de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 – Concentrações de Emissões do Powership é apresentado à direita. 35
Figura 8-7: Concentrações anuais previstas de PM_{10} no ambiente para o Projecto do Powership em µg/ m^3. 37
Figura 8-8: O percentil 99 previsto das concentrações de PM_{10} no ambiente em 24 horas para o Projecto do Powership em µg/m3. O Cenário 1 - Padrões de Emissão de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 - Concentrações de Emissão do Powership é apresentado à direita. 38
Figure 8-9: O percentil 99 previsto das concentrações de CO no ambiente durante 1 hora para o Projecto do Powership em µg/m3. 40

Histórico de Emendas

Versão 1	Original	19/04/2023
Versão 2	Pequenas alterações editoriais	15/05/2023
Versão 3	A descrição do projecto foi revista para incluir a utilização de gás natural como fonte de combustível em vez de óleo combustível pesado (HFO). Por conseguinte, todas as referências ao HFO foram actualizadas. A fonte de combustível foi alterada para um fornecedor em terra. Isto eliminará a necessidade de um navio de reabastecimento atracar intermitentemente junto a Central Termoeléctrica Flutuante. Por conseguinte, os impactos serão menores se forem consideradas as novas componentes do projecto.	15/03/2024
Versão 4	A referência a uma embarcação de reabastecimento foi **retirada** devido a uma alteração na descrição do projecto, que prevê a utilização de uma fonte de combustível em terra.	01/04/2024

PÁGINA DE INFORMAÇÃO

NOME DO CLIENTE	Impacto – Projectos e Estudos de Impacto Ambiental, Limitada.
PROJECTO	Proposta do Projecto de Gás para a Central Termoeléctrica Flutuante no Porto da Matola, Moçambique.
PESSOA DE CONTACTO	Mr. John Hatton
TIPO DE PESQUISA	Estudo Especializado de Ruído Terrestre no âmbito da Avaliação de Impacto Ambiental
DATA DA PESQUISA DE CAMPO	9 de Março de 2023 a 18 de Março de 2023
RELATÓRIO ELABORADO POR	Dr Brett Williams and Mr Jason Hutten

Este relatório refere-se apenas às condições encontradas no local acima no momento da pesquisa. Este relatório não pode ser copiado electronicamente, fisicamente ou de outra forma, excepto em sua totalidade. Se as secções do relatório forem copiadas, a aprovação do autor, por escrito, é necessária.



.....

Dr B WILLIAMS

DECLARAÇÃO DE INDEPENDÊNCIA	
Avaliação de Impacto de Ruído	Eu, Brett Williams, declaro que sou um consultor independente e não tenho nenhum interesse comercial, financeiro, pessoal ou outro no Projecto Proposto de Gás para Karpowership no Porto da Matola, Moçambique, aplicação ou recurso em relação ao qual fui nomeado, excepto justo remuneração pelo trabalho realizado em conexão com a actividade, aplicativo ou recurso. Não há circunstâncias que comprometam a objectividade da minha execução de tal trabalho.  **Brett Williams**

SUMÁRIO EXECUTIVO

A Impacto nomeou a Future Impact (Pty) Ltd para realizar uma avaliação especializada do impacto sonoro das emissões associadas ao Projecto da Central Termoeléctrica Flutuante de Produção de Energia, que tem uma capacidade de 415 MW. O projecto proposto situar-se-á no Porto da Matola na Cidade de Maputo, Moçambique. O projecto envolve a produção de electricidade através de uma Central Termoeléctrica Flutuante de Produção de Energia móvel ancorado a 1000 m da costa do Porto da Matola. A Central Termoeléctrica Flutuante utilizará 21 motores movidos a Gás Natural que serão abastecidos a partir de uma fonte em terra através de um gasoduto subaquático. Além disso, será erguida uma linha aérea de transporte para ligar a Central Termoeléctrica Flutuante à Subestação da Matola de 275 kV. Prevê-se que a Central Termoeléctrica Flutuante estará em operação por menos de 24 horas por dia. Este estudo, no entanto, foi realizado considerando um tempo operacional de 24 horas (ou seja, um cenário de pior caso). A monitorização da linha de base dos níveis de ruído residual no local proposto e adjacente ao local proposto foi realizada pela Ambiente do Zambeze, LDA e utilizada pela Future Impact para comparar o ruído de fundo actual da área de estudo com os níveis de ruído previstos esperados como resultado da operação do a Nave de Força. Os níveis de ruído no local proposto são fortemente influenciados pelo vento, ondas e actividades operacionais realizadas no Porto da Matola (como fábricas, comboios e aviões). O estudo considerou a localização do terreno conforme descrito na descrição do projecto fornecida pelo cliente (Impacto, 2022). As conclusões e resultados deste estudo referem-se APENAS ao impacto do ruído terrestre nos seres humanos.

A passagem do óleo combustível pesado (HFO) modelado na avaliação original, cujos resultados são apresentados no presente relatório, para o gás natural terá um impacto insignificante, do ponto de vista do ruído, nos receptores sensíveis circundantes.

Os resultados da avaliação do impacto do ruído da Central Termoeléctrica Flutuante de Produção de Energia proposto no Porto da Matola mostram que um dos receptores ***humanos*** (consulte a Tabela 11) excederá os limites de classificação da Directriz da IFC durante a fase de construção das linhas eléctricas. O impacto do ruído será, portanto, de ***baixa*** significância após a implementação das medidas de mitigação. Prevê-se que o impacto do ruído associado às actividades operacionais do projecto proposto seja de significância ***Muito Baixa após*** a implementação das medidas de mitigação.

É altamente recomendado assegurar as seguintes condições:

a) Certificação de que todas as caixas acústicas ou atenuadores acústicos instalados na embarcação estejam instalados durante as operações.

b) Medições periódicas de ruído devem ser feitas durante as fases de construção e operação para garantir que as Directrizes de EHS da IFC sejam cumpridas.

c) Como medida de precaução, a construção não deve ocorrer à noite.

d) Se possível, posicionar o navio de forma que o lado bombordo que as entradas de ar estejam posicionadas longe de receptores de ruído altamente sensíveis.

Se as medidas de mitigação acima forem implementadas, recomenda-se que o projecto receba a autorização ambiental do ponto de vista do impacto do ruído em recetores.



Dr Brett Williams

ABREVIATURAS E DEFINIÇÕES

Ruído Ambiental	Som totalmente abrangente em cada situação em um determinado momento e geralmente composto de som de muitas fontes, próximas e distantes NOTA: O ruído ambiente inclui o ruido da fonte e também o ruído sob investigação.
Irritação	A reacção negativa geral da comunidade ou de uma pessoa a uma condição que cria descontentamento ou interferência em atividades específicas.
dB(A)	Escala (A) ponderada em decibéis - Valor do nível de pressão sonora em decibéis, determinado utilizando uma rede de ponderação de frequências A (com referência a 20 µPa).
Nível de classificação contínua equivalente (LReq, T)	O nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado A (LReq, T) durante um intervalo de tempo especificado, acrescido de ajustamentos especificados para o carácter tonal e a impulsividade do som e derivado da equação aplicável .LAeq, T + Ci + Ct + kn onde Laeq, T é o nível de pressão sonora equivalente ponderado A, em decibéis; Ci é a correcção do impulso; Ct é a correcção para o carácter tonal; Kn é o ajuste para diurno ou nocturno (0dB para diurno e +10dB para medições noturnas
Ruído de baixa frequência	Significa som que contém energia sonora em frequências predominantemente abaixo de 100 Hz.
AIR	Avaliação de Impacto de Ruído
Poluição sonora	Qualquer som que prejudique ou possa prejudicar a comodidade ou tranquilidade de uma pessoa razoável.
Nível de classificação de ruído	O nível de classificação contínua equivalente ao ar livre aplicável indicado de acordo com o IFC
NSA	Área sensível ao ruído
Ruído Residual	O som abrangente numa determinada situação num determinado momento, medido como a leitura em um medidor de nível de som de impulso integrado por um período total de pelo menos 1 hora, excluindo o ruído supostamente causador de incômodo ou ruído perturbador. Nota dos autores: Este termo é semelhante ao “ruído ambiente” conforme definido acima.

1. INTRODUÇÃO E METODOLOGIA

1.1. Escopo e objectivo

A Electricidade de Moçambique (EDM) e a Karpowership Global DMCC (Karpowership) pretendem estabelecer uma Central Termoeléctrica Flutuante de Produção de Energia de 415 MW localizada a 1000 m da costa do Porto da Matola na cidade de Maputo, Moçambique. Os detalhes relativos ao projecto serão discutidos mais adiante na Secção 2.

O objectivo deste estudo é fornecer uma Avaliação de Impacto de Ruído (AIR) abrangente e detalhado que apresente e avalie o impacto de ruído do projecto proposto.

O escopo do trabalho do estudo de ruído inclui o seguinte:

- Fornecer uma breve revisão da legislação de ruído e normas internacionais aplicáveis ao projecto, bem como normas internacionais.
- Identificar protocolos relevantes, requisitos legais e de permissão.
- Conduza um estudo de mesa das informações disponíveis que possam apoiar e informar o estudo de ruído especializado.
- Identificar problemas e impactos potenciais, bem como possíveis impactos cumulativos relacionados aos aspectos de ruído do projecto.
- Medir o ruído residual existente no local proposto, tanto de dia como de noite.
- Identificar os componentes do projecto que podem gerar níveis significativos de ruído.
- Identificar os receptores sensíveis ao ruído nas imediações do projecto proposto.
- Realizar um estudo de ruído dos impactos de ruídos previstos (futuros) durante a construção e operação do projecto proposto, e
- Identificar acções de gestão e mitigação para potencializar os impactos positivos e evitar/reduzir os impactos negativos, respectivamente.

1.2. Abordagem e Metodologia

A metodologia utilizada no estudo consistiu em duas abordagens para determinar o impacto sonoro do projecto proposto e infraestruturas associadas. Estes são os seguintes:

- Um estudo de gabinete para modelar as prováveis emissões de ruído das operações propostas; e
- Revisão do relatório da Subacoustech para um projecto semelhante no Gana.
- Medições de campo do ruído residual existente em pontos pré-determinados em torno do local do projecto proposto. Este foi conduzido pela Ambiente do Zambeze, LDA.

1.3. Metodologia do estudo documental

O software de modelação de ruído CadnaA 2023 foi usado para prever o ruído do desenvolvimento proposto. O método usado na modelação é descrito em:

- ISO 9613-1: Atenuação do som durante a propagação ao ar livre, Parte 1: Cálculo do som pela atmosfera e

- ISO 9613-2: Atenuação do som durante a propagação ao ar livre, Parte 2: Método geral de cálculo.

Presume-se que as operações serão executadas continuamente, como uma avaliação de "pior caso". Os parâmetros meteorológicos foram ajustados para 20°C e 70% de humidade relativa (conforme exigido na ISO 9613:1996). A modelação adicional usando diferentes condições meteorológicas mostrou uma diferença insignificante nos resultados finais do nível de ruído.

As condições meteorológicas acima referidas resultarão no pior situação possível em termos de transmissão do ruído à distância. Foram identificadas várias áreas sensíveis ao ruído, que foram incluídas como receptores na modelação do ruído.

1.4. Estudo de campo

Um estudo de campo foi realizado pela Ambiente do Zambeze de 9 de Março de 2023 a 18 de Março de 2023 em quatro locais ao redor do projecto proposto. Os pontos de monitorização de ruído residual foram escolhidos com base em sua proximidade com os locais do projecto proposto. Esses pontos são chamados de Áreas Sensíveis ao Ruído (NSA's).

Várias medições foram feitas colocando um medidor de ruído em um tripé e garantindo que ele fosse colocado pelo menos 1,2 m do nível do chão e longe de qualquer superfície grande, plana e reflectora. A monitorização de curto prazo foi realizada nos quatro locais descritos na Tabela 1 abaixo. Esses pontos foram utilizados como amostras representativas das áreas sensíveis ao ruído utilizadas na modelação de ruído e são nomeados como tal. A localização desses pontos é mostrada na Figura 4 da Secção 4.

Tabela 1: Detalhes do Ponto de Monitorização

Ponto de Monitorização (~NSA)	Latitude	Longitude	Datas	Período de tempo
NSA 1	25° 57' 40" S	32°29' 09" E	09/03/2023 &10/03/2023 13/03/2023 &14/03/2023 17/03/2023 &18/03/2023	Entre as 07h00 & 16h00 Entre as 16h00 & 22h00 Entre as 22h00 & 07h00
NSA 2	25° 58' 45" S	32° 31' 21" E		
NSA 3	25° 56' 20" S	32° 31' 36" E		
NSA 4	25° 56' 40" S	32° 30' 13" E		

O ambiente de teste continha as seguintes fontes de ruído:

- Actividades operacionais realizadas no Porto da Matola (ex. fábricas, buzinas de comboios, estiva, etc);
- Pessoas conversando;
- Vento; e
- Ruído do mar.

A instrumentação que foi utilizada para conduzir o estudo é a seguinte:

- **Oceanus Sound Level Medidor e calibrador:**

Nº do modelo: FLUS ET958 (Class 2) Nº de série: 20210812143

Calibrado por: Henan Oceanus em 10 de setembro de 2022 Precisão das medições: ± 1.4 dB

Os certificados de calibração estão incluídos no Apêndice B.

1.5. Pressupostos e Limitações

Os pressupostos e limitações a seguir baseiam-se num caso do pior cenário.

1.5.1 Pressupostos:

- A localização proposta do projecto foi fornecida pelo cliente.
- Os níveis de potência sonora dos equipamentos operacionais foram fornecidos pelo cliente. Onde não havia informações sobre os níveis de potência sonora disponíveis, o autor usou valores baseados em estudos semelhantes realizados em outros lugares.
- O impacto do ruído da Central Termoeléctrica Flutuante de Produção de Energia será modelado com base em uma potência eléctrica combinada de 415 MW para fornecer uma avaliação de pior caso (uma vez que a capacidade contratada pode ser menor).
- As posições físicas dos componentes foram plotadas de acordo com as informações fornecidas pelo cliente.
- As emissões de ruído e os impactos em torno de Central Termoeléctrica Flutuante de Produção de Energia operacional *existente* no Gana foram usados como referência. O estudo foi conduzido pela Subacoustech Environmental Ltd. e fornecido à Future Impact para referência. A citação do relatório é referenciada nos Apêndices e na Secção 1.6 abaixo. Presume-se que as informações contidas neste relatório sejam precisas.
- O estudo de campo para determinar os potenciais níveis de ruído de fundo da área do projecto agora proposto foi conduzido pela Ambiente do Zambeze. Presume-se que as informações contidas neste relatório sejam precisas e que todos os equipamentos de monitorização utilizados estejam em conformidade com os padrões estabelecidos nas Directrizes de EHS da IFC sobre Gestão de Ruído.
- Os impactos foram avaliados assumindo que o ruído será gerado em qualquer período de um ciclo de 24 horas. Isso implica que as emissões de ruído podem ocorrer em períodos em que há muito pouca mistura solar atmosférica, como à noite, quando ocorrem condições calmas. Haverá, portanto, muito pouco ruído de vento durante esses períodos. Os impactos de ruído modelados foram assim avaliados assumindo nenhum ruído causado pelo vento (pior cenário).

1.5.2 Limitações:

- Este relatório aborda APENAS o impacto das emissões de ruído terrestre nos receptores humanos e não os receptores do ambiente natural como pássaros, animais marinhos etc. que são abordados por outros especialistas.
- Além disso, este relatório exclui o escopo de outros estudos especializados onde impactos adicionais podem ter sido avaliados. Esses estudos podem incluir o Relatório de Ruído Subaquático, o Relatório de Ecologia marinha, o Relatório de Avifauna e os Relatórios de Biodiversidade.

1.6. Fontes de informação

1.6.1. Padrões e Directrizes

As fontes de informação incluíram uma visita ao local pelo Ambiente do Zambeze e informações fornecidas pelo cliente, Impacto. Além disso, as seguintes normas foram utilizadas para auxiliar este estudo e orientar o processo de tomada de decisão em relação à poluição sonora:

- Corporação Financeira Internacional (Grupo do Banco Mundial) Directrizes Gerais de EHS: Gestão de Ruído Ambiental (2007).
- ISO 9613-1: Atenuação do som durante a propagação ao ar livre, Parte 1: Cálculo do som pela atmosfera.
- ISO 9613-2: Atenuação do som durante a propagação ao ar livre, Parte 2: Método geral de cálculo.
- Subacoustech Report No.: P292R1102. Medição do ruído aerotransportado em torno do Osman Khan Powership, Gana (9 de Setembro de 2022) – Fornecido pelo cliente.
- Subacoustech Report No.: P292R0801. Avaliação de Ruído Subaquático Saldanha Bay (9 de Setembro de 2022) – Fornecido pelo cliente.
- Dados colectados pelos autores deste relatório para projectos semelhantes na África do Sul. Os relatórios foram publicados pela Safetech (ambos os autores deste relatório eram funcionários da Safetech na época do estudo).

2. DESCRIÇÃO DOS ASPECTOS DO PROJECTO RELEVANTES AOS IMPACTOS DE RUÍDO

Uma descrição detalhada do Projecto proposto será fornecida no Relatório de Impacto Ambiental. Esta secção fornece informações adicionais sobre aspectos do projecto especificamente relacionados aos impactos do ruído.

2.1. Descrição Detalhada do Projecto

A EDM e a Karpowership propõem colocar uma Central Termoeléctrica Flutuante no Porto da Matola, na cidade de Maputo, Moçambique. O objectivo é a geração da electricidade a partir do Gás Natural e transportar a mesma electricidade através de uma linha aérea de transporte com uma tensão de 275kV até à subestação da Matola 275, com uma extensão de 4 km aproximadamente antes de entrar na rede nacional. Durante o período de vida do projecto, a Central Termoeléctrica Flutuante ficará atracado em permanência.

O Projecto será composto pelos seguintes componentes principais:

- A Central Termoeléctrica Flutuante (Powership) atracada (Classe Khan), capaz de gerar até 415 MW de electricidade usando 21 motores a gás e 2 turbinas a vapor.
- Linhas aéreas de transporte e infra-estrutura auxiliar estarão presentes, mas não foram avaliadas, pois têm muito pouco impacto de ruído operacional.

A Figura 1 abaixo mostra a localização proposta dos principais componentes emissores de ruído do projecto, ou seja, a Central Termoeléctrica Flutuante da classe Khan e a linha de transporte aérea. A descrição do projecto foi alterada para incluir o Gás Natural como fonte de combustível que será fornecido por uma fonte onshore. A infraestrutura auxiliar, como as linhas de alta tensão, não foi avaliada neste estudo, pois os impactos do ruído da operação desses componentes são insignificantes.

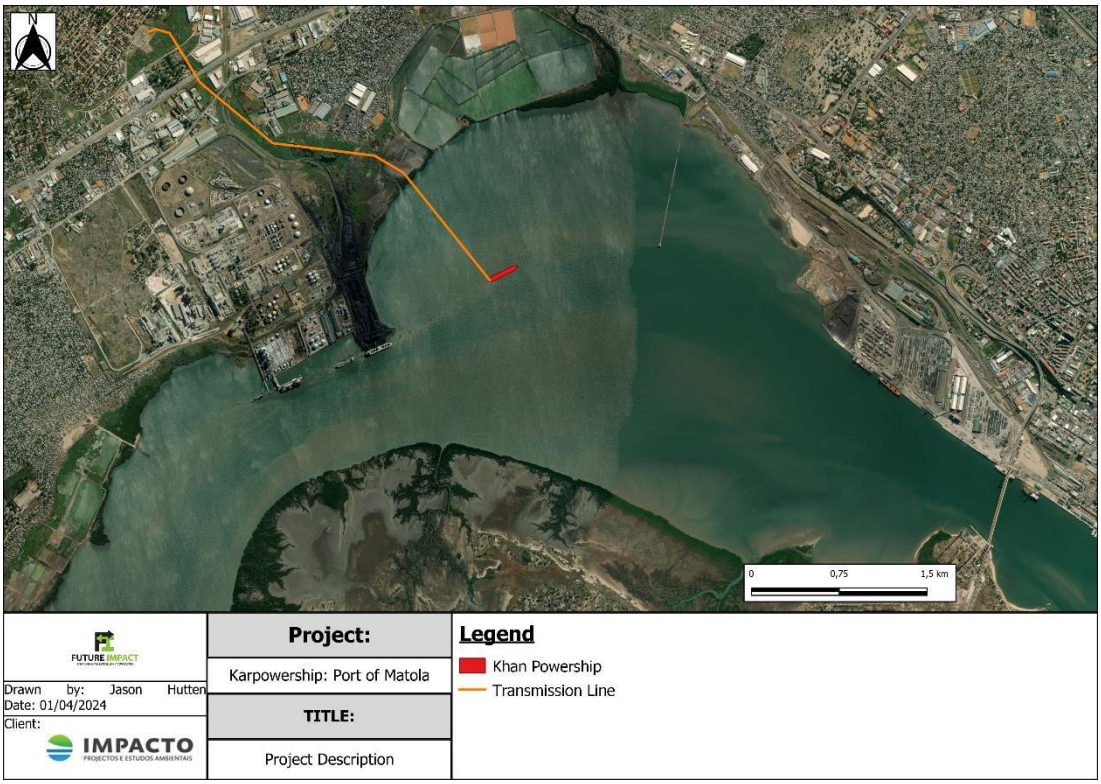


Figura 1: Localização do projecto proposto

3. IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RUÍDO

3.1. Fontes de Ruído do Projecto durante a Fase de Construção

A infraestrutura da Central Termoeléctrica Flutuante vem já pronta para utilização, não exigindo construção no local. No entanto, as linhas aéreas de transporte exigirão a construção no local o que pode impactar os receptores ao redor, do ponto de vista do ruído. A fase de construção irá gerar algum ruído durante diferentes actividades, tais como:

- Reabilitação do terreno e trabalhos de terraplenagem.
- Construção de infraestrutura com equipamentos móveis, guindastes e equipamentos de mistura de cimento.
- Uso e movimentação de veículos e
- Instalação de estacas por vibração, se necessário (apenas a componente aérea, não o impacto subaquático).

Os tipos de veículos e equipamentos que podem ser utilizados no local são apresentados na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Tipos de equipamentos a serem utilizados na obra (Fase de Construção).

Tipo	Descrição	Nível típico de potência sonora (dBA)
Camiões	10 toneladas de capacidade	95
Gruas	Suspensos e móveis	109
Veículos móveis de construção	Carregadores frontais	100
Veículos móveis de construção	Escavadoras	108
Veículos móveis de construção	Bulldozer	111
Veículos móveis de construção	Camião basculante	107
Veículos móveis de construção	Niveladora	98
Equipamento fixo de construção	Betoneiras	110
Compressor	Compressor de ar	100
Compactador	Compactador vibratório	110

3.2. Fontes de ruído do projecto durante a fase operacional

Os dados de ruído da Central Termoeléctrica Flutuante para a fase operacional foram compilados com base em informações de estudos anteriores do autor, de natureza semelhante ao projecto da Central Termoeléctrica Flutuante no Porto da Matola, para além de informações fornecidas pelo cliente. A Tabela 3 ilustra os componentes da Central Termoeléctrica Flutuante, bem como os respectivos parâmetros utilizados para a previsão dos níveis de ruído durante a fase operacional.

Tabela 3: Principais fontes de ruído de uma Central Termoeléctrica Flutuante (classe Khan) do estudo de campo Subacoustech em 2022.

Componente	Nível de potência sonora (dB(A))	Altura (m)	Fonte
Entrada de ar do motor Powership	114.9	6 - 9	Subacoustech, 2022.
Saída de calor do escape Powership	111.5	37	Subacoustech, 2022.

Os níveis de potência sonora das fontes acima enumeradas representam o pior cenário possível, pelo que constituem uma abordagem conservadora.

Conversão dos níveis de pressão sonora em níveis de potência sonora utilizados na modelação

A modelação das emissões de ruído foi efectuada com base nas informações de um estudo da Subacoustech Environmental sobre uma central eléctrica Osman Khan existente no Gana (Subacoustech, 2022).

Durante o estudo, o autor da Subacoustech observou que existiam apenas duas fontes de ruído principais, nomeadamente, as entradas de ar do motor a bombordo do navio e as saídas de calor de escape no convés superior.

Os níveis de potência sonora <u>aproximados</u> foram calculados a partir dos níveis de pressão sonora medidos na central eléctrica de Osman Khan, no Gana. Os níveis de pressão sonora, a distâncias definidas, foram recolhidos durante os estudos de campo e são apresentados no Tabela 4 abaixo.

Os níveis de <u>pressão</u> sonora medidos no relatório Subacoustech e a distância à fonte foram utilizados na equação abaixo para obter os níveis de <u>potência</u> sonora aproximados das fontes.

$$Q\ L_W$$

$$= L_P + |10log(4 \_\_\_\_ \pi r_2)|$$

Onde

L_W = Nível de potência sonora;

L_P = Nível de pressão sonora;

Q = propagação (definido como 2 para a propagação hemisférica das emissões sonoras)

r = distância da fonte (em metros)

Tabela 4: Dados do estudo de campo no Gana

Componente	Nível de pressão sonora medido (dBA)	Distância da fonte (m)	Nível de potência sonora inferido (dBA)	Comentário
Entrada de ar do motor da Central Termoeléctrica Flutuante	69.9	50	114.9	420MW Potência de saída 23 Motores.
Saída de calor de gases de escape do motor	91.0	3	111.5	18.2MW Potência de saída

As localizações destas fontes de ruído foram inferidas a partir de informação recolhida pela Subacoustech (incluindo foto reproduzida em baixo) durante o estudo do ruído da Central Termoeléctrica Flutuante do Gana. A figura 2 mostra as entradas de ar do motor e as saídas de calor dos gases de escape à distância. A figura 3 mostra um grande plano das grelhas onde foram efectuadas as medições das saídas de calor dos gases de escape a bordo do navio.

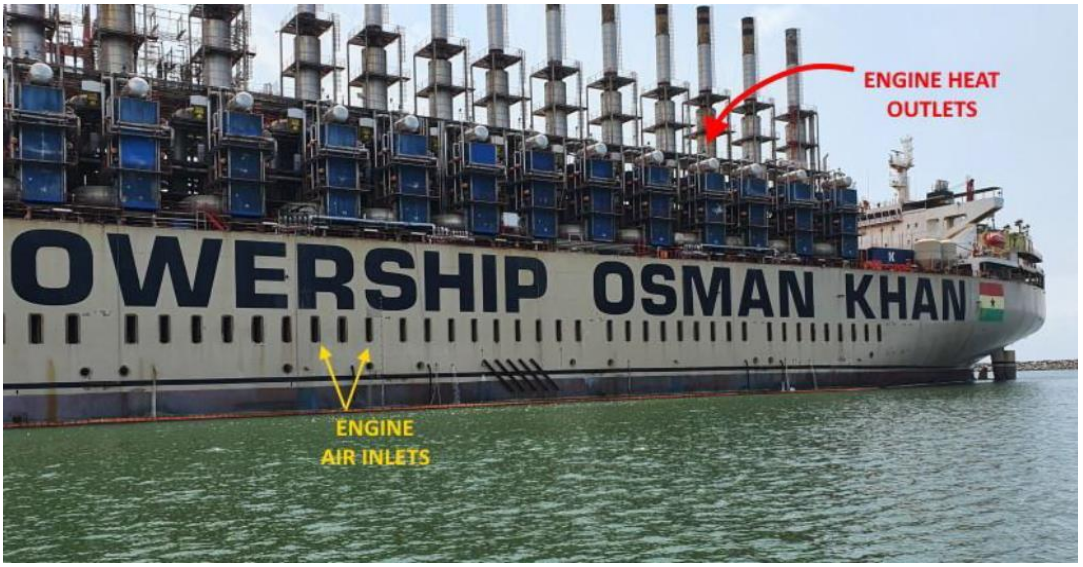


Figura 2: Fontes de ruído da Central Termoeléctrica Flutuante, da classe Khan no Gana (Subacoustech, 2022)

Na figura 3 os motores estão situados no nível inferior do compartimento ilustrado. Oito destes compartimentos encontram-se no convés superior do navio. Cada um contém três motores.



Figura 3: Grelhas onde se encontra a saída do calor de escape (Subacoustech, 2022)

4. IDENTIFICAÇÃO DE QUESTÕES-CHAVE

As principais questões relativas aos impactos sonoros identificadas são as seguintes:

- Perfil de ruído actual para a área do projecto proposto em condições diurnas e nocturnas.
- Impacto do ruído durante a construção e o funcionamento do projecto proposto.
- Localização dos receptores humanos sensíveis locais (por exemplo, zonas residenciais mais próximas).

As fontes de ruído têm potencial para afectar os residentes locais fora da área de estudo e os arrendatários que trabalham no Porto da Matola. O ruído inclui sons audíveis, de baixa frequência e infra-sons.

A presente avaliação do impacto do ruído incidirá, por conseguinte, nas seguintes fontes de ruído possíveis:

- Ruído do equipamento de construção e dos veículos.
- Ruído proveniente do funcionamento da Central Termoeléctrica Flutuante e das infra-estruturas auxiliares.

5. LEGISLAÇÃO E DIRECTRIZES PERTINENTES

As Directrizes EHS da IFC sobre Gestão do Ruído fornecem níveis de classificação típicos para o ruído em vários tipos de receptores, conforme descrito na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5: Níveis de classificação IFC típicos para o ruído em vários tipos de receptores.

Tipo de Receptor	Uma hora LAeq (dBA)	
	Dia (07h00 – 22h00)	Noite (22h00 – 07h00)
Residencial/Institucional/Educacional	55.0	45.0
Industrial/Comercial	70.0	70.0

Nas áreas residenciais, como os NSA identificados, o ruído não deverá exceder 55 dB(A) durante o dia e 45 dB(A) durante a noite.

Estes níveis de classificação podem assim ser considerados como os níveis-alvo para quaisquer emissões sonoras provenientes de uma instalação industrial ou de um projecto comercial nas proximidades. Como se pode ver nos resultados da monitorização do ruído residual, o ruído residual excede o limite recomendado para o período diurno apenas no NSA 1. O limite de classificação nocturna é excedido em todos os quatro NSA. Por conseguinte, foi utilizado o segundo critério descrito nas directrizes da IFC e foi aplicada uma adição de 3 dB(A) ao ruído residual medido, como se pode ver na Tabela 8. As excedências dos níveis de ruído devem-se à proximidade das instalações residenciais, comerciais e industriais.

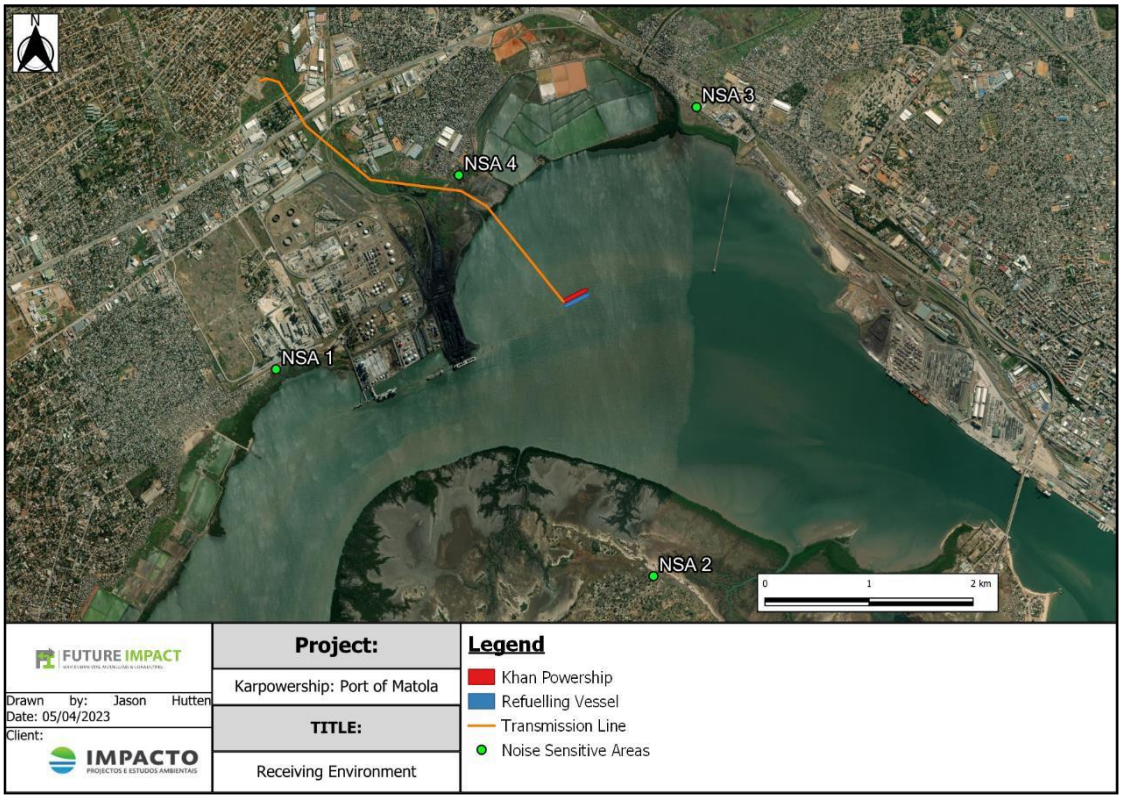


Figura 4: Áreas sensíveis ao ruído (NSA)

6. RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO DO RUÍDO DE FUNDO

A Impacto solicitou e realizou um estudo de campo para determinar o ruído residual actual no Porto da Matola e nas suas imediações. Os quatro locais foram seleccionados com base na sua proximidade do local proposto para o projecto e estão representados na Figura 4 acima. As fontes de ruído para os locais incluíam ruído comunitário, actividades industriais e ruído animal.

O consultor do estudo de campo efectuou uma monitorização horária do ruído de fundo nos quatro NSA durante três dias. Cada dia consistiu em três medições de 1 hora. Foram realizadas duas sessões de monitorização por dia durante o período diurno, tal como definido nas Directrizes EHS da IFC sobre Gestão do Ruído (07h00 - 22h00) e uma sessão durante o período nocturno (22h00 - 07h00). Foram efectuadas um total de 36 medições entre 9 de Março de 2023 e 18 de Março de 2023.

Os resultados são apresentados na Tabela 6 abaixo. O Apêndice E contém os perfis de ruído para uma selecção de sessões de monitorização.

Tabela 6: Dados do estudo de campo

Nome do local	Dia	Hora	LAeq (dBA)	LAFmax (dBA)	L90 (dBA)	Vel. do vento (km/h)	Comentários
NSA 1	Dia 1 (9 Mar - 10 Mar) Quinta e sexta-feira	11h45 – 12h46	55.8	62.0	57.2	6-17	Ponto situado entre Mangal, casas e a 300 metros da Fábrica de Cimento Limak. Velocidade do vento 6 km/h. Incidência de ruídos provenientes de: música em volume muito baixo quase imperceptível, pássaros a voar, canto no mangal e conversa entre técnicos
		22h13 – 23h13	56.2	62.5	56.9	13	Incidência de ruído: ruído do funcionamento da fábrica de cimento Limak, canto nocturno dos pássaros no mangal e conversas entre pessoas que passam a 10 m de distância.
		23h13 – 00h10	56.4	66.5	59.0	13	Incidência de ruído: ruído do funcionamento da fábrica de cimento Limak, canto nocturno das aves no mangal.
	Dia 2 (13 Mar - 14 Mar) Segunda-feira e terça-feira	15h36 – 16h36	58.2	71.5	60.7	13	Ponto situado entre Mangal, casas e a 300 metros da Fábrica de Cimento Limak. Velocidade do vento 6 km/h, altitude 10 metros. Incidência de ruído de: ruído do funcionamento da fábrica de cimento. Fábrica de Cimento Limak, pássaros a voar e a cantar no mangal e conversas entre técnicos.
		16h37 – 17h36	58.9	80.1	64.8	13	Incidência de ruído proveniente de: ruído do funcionamento da fábrica de cimento Limak, pássaros a voar e a cantar no mangal e conversas / gritos de crianças que brincam a 15 m de distância.
		00h31 – 01h33	62.4	66.9	64.5	6	Incidência de ruído de fábrica apenas e sirene de emergência proveniente da fábrica.

Nome do local	Dia	Hora	LAeq (dBA)	LAFmax (dBA)	L90 (dBA)	Vel. do vento (km/h)	Comentários
	Dia 3 (17 Mar - 18 Mar) Sexta-feira e sábado	09h48 – 10h49	57.8	67.3	59.2	7	Incidência do ruído: ruído do funcionamento da fábrica de cimento Limak, voo e canto dos pássaros no mangal e conversas entre técnicos.
		21h05 – 22h06	58.0	68.2	60.3	12	Incidência de ruído: ruído do funcionamento da fábrica de cimento Limak, canto nocturno das aves no mangal.
		00h31 – 01h33	59.1	66.9	60.1	12	Incidência de ruído de: ruído do funcionamento da Fábrica de Cimento Limak, canto nocturno de aves no mangal.
NSA 2	Dia 1 (9 Mar - 10 Mar) Quinta e sexta-feira	16h52 – 17h22	44.2	65.9	46.9	13-17	Porto da Matola e terminal de carvão, buzina de comboio perto da N4, granja de aves, patos e gansos a 300 metros de altitude 10 metros. Incidência de ruído de: canto de galinhas, patos e gansos, ruído do porto da Matola e de aves.
		17h22 – 18h21	43.1	68.9	48.6	13-17	Incidência de ruídos provenientes de: canto de galinhas, patos e gansos, ruídos do porto da Matola e de aves.
		03h55 – 04h54	41.2	54.1	43.3	6	Incidência do ruído de: canto de galinhas, patos e gansos, ruído do porto da Matola e aves nocturnas.
	Dia 2 (13 Mar - 14 Mar) Segunda-feira e terça-feira	09h24 – 10h23	41.2	69.1	47.4	6	Incidência de ruídos provenientes de: canto de galinhas, patos e gansos, ruído do porto da Matola, pássaros, passagem de avião, alguns trovões ao longe, buzina de comboio no Porto de Maputo e conversa entre técnicos.

Nome do Local	dia	hora	LAeq (dBA)	LAFmax (dBA)	L90 (dBA)	Vel. do vento (km/h)	Comentários
		21h43 – 22h43	52.5	61.8	54.5	0	Incidência de ruído proveniente de: Ruído do porto da Matola, aves nocturnas, buzina do comboio no porto de Maputo e canto de anfíbios e insectos.
		22h43 – 23h41	49.3	64.5	53.4	0	Incidência de ruído proveniente de: Ruído do porto da Matola, aves nocturnas, buzina do comboio no porto de Maputo e canto de anfíbios e insectos.
	Dia 3 (17 Mar - 18 Mar) Sexta-feira & Sábado	12h50 – 13h49	40.9	67.8	45.2	13	Incidência de ruídos provenientes de: canto de galinhas, patos e gansos, ruído do porto da Matola, pássaros, passagem de avião, alguns trovões ao longe, buzina de comboio no Porto de Maputo e conversa entre técnicos.
		16h17 – 17h16	42.9	66.8	49.3	13	Incidência de ruído proveniente de: Ruído do porto da Matola, pássaros, buzina do comboio no porto de Maputo.
		02h28 – 03h28	46.0	62.8	52.1	7	Incidência de ruído proveniente de: Ruído do porto da Matola, aves nocturnas, buzina do comboio no porto de Maputo e canto de anfíbios e insectos.
	Dia 1 (9 Mar - 10 Mar) Quinta-feira & Sexta-feira	15h35 – 16h35	51.0	69.6	56.1	17	O ponto fica atrás da Central Eléctrica de Maputo. Incidência de ruído proveniente de: Porto de Maputo a 2700m, buzina de comboio a 300m, funcionamento da Central Eléctrica de Maputo a 700m, música a tocar a 150m.
		18h39 – 19h39	52.1	61.8	54.9	13-17	Incidência de ruído proveniente de: Porto de Maputo a 2700m, buzinas de comboios a 300m, funcionamento da Central Eléctrica de Maputo a 700m e aves nocturnas no mangal.

Nome do Local	dia	hora	LAeq (dBA)	LAFmax (dBA)	L90 (dBA)	Vel. do vento (km/h)	Comentários
NSA 3		02h15 – 03h15	56.0	63.5	56.7	6	Incidência de ruído de: Porto de Maputo a 2700m, buzina de comboio a 300m, funcionamento da Central Eléctrica de Maputo a 700m. Aves, anfíbios e insectos.
	Dia 2 (13 Mar - 14 Mar) Segunda-feira & Terça-feira	10h09 – 12h09	46.7	84.1	48.2	6	Incidência de ruído proveniente de: Porto de Maputo a 2700m, buzina de comboio a 300m, funcionamento da Central Eléctrica de Maputo a 700m, passagem de um avião ligeiro e aves no mangal.
		19h50 – 20h50	45.2	62.3	47.0	0	Incidência de ruídos provenientes de: Porto de Maputo a 2700m, buzina de comboio a 300m, funcionamento da central térmica de Maputo a 700m, canto de aves nocturnas, anfíbios e insectos, sirene de carro protocolar a 600 metros.
		03h27 – 04h25	46.2	60.9	47.0	0	Incidência de ruídos provenientes de: Porto de Maputo a 2700m, buzina de comboio a 300m, funcionamento da central térmica de Maputo a 700m, canto de aves nocturnas, anfíbios e insectos, sirene de carro protocolar a 600 metros.
	Dia 3 (17 Mar - 18 Mar) Sexta-feira & Sábado	14h11 – 15h11	47.8	65.6	51.2	13	Incidência de ruído proveniente de: Porto de Maputo a 2700m, buzinas de comboios a 300m, funcionamento da Central Eléctrica de Maputo a 700m e aves nocturnas no mangal.
		18h12 – 19h11	48.4	74.4	52.5	13	Incidência de ruído proveniente de: Porto de Maputo a 2700m, buzinas de comboios a 300m, funcionamento da Central Eléctrica de Maputo a 700m e aves nocturnas no mangal.

Nome do local	Dia	Hora	LAeq (dBA)	LAFmax (dBA)	L90 (dBA)	Vel. do vento (km/h)	Comentários
		01h03 – 02h02	46.5	58.9	48.6	12	Incidência de ruído proveniente de: Porto de Maputo a 2700m, buzinas de comboios a 300m, funcionamento da Central Eléctrica de Maputo a 700m e aves nocturnas no mangal.
	Dia 1 (9 Mar - 10 Mar) Quinta-feira & Sexta-feira	13h52 – 14h51	53.1	67.1	56.1	17	O ponto situa-se na estação de INAHINA, em frente ao campo de cultivo "Machambas" e a 1.700 metros do Porto da Matola, o terminal de carvão mineral. Incidência de ruídos provenientes de: operações de movimentação de carga no Porto da Matola, passagens de peões, música alta, buzina de comboio no porto, sirenes de emergência no porto.
		20h36 – 21h35	50.1	69.5	54.8	13	Incidência de ruído proveniente de: operações de movimentação de carga no Porto da Matola, passagens de peões, buzinas de comboios no porto, sirenes de emergência no porto
		00h49 – 01h49	50.0	67.8	52.7	0	Incidência de ruído proveniente de: operações de movimentação de carga no Porto da Matola, passagens de peões, buzinas de comboios no porto, sirenes de emergência no porto.
		13h49 – 14h50	51.4	69.7	59.1	13	Incidência do ruído de: Operações de manuseamento de carga no Porto da Matola, passagem de peões, música baixa a 150m, buzina de comboio no porto, sirenes de emergência no porto.

Nome do local	Dia	Hora	LAeq (dBA)	LAFmax (dBA)	L90 (dBA)	Vel. do vento (km/h)	Comentários
NSA 4	Dia 2 (13 Mar - 14 Mar) Segunda-feira & Terça-feira	17h52 – 18h53	51.3	68.5	53.0	0-13	Incidência de ruído proveniente de: operações de movimentação de carga no Porto da Matola, buzina de comboio no porto, sirenes de emergência no porto, canto de anfíbios e insectos.
		02h04 – 03h04	48.6	69.9	51.5	0	Incidência de ruído proveniente de: operações de movimentação de carga no Porto da Matola, buzina de comboio no porto, sirenes de emergência no porto, canto de anfíbios e insectos.
	Dia 3 (17 Mar - 18 Mar) Sexta-feira & Sábado	11h19 – 12h19	51.3	66.9	54.2	7	Incidência do ruído de: Operações de manuseamento de carga no Porto da Matola, passagem de peões, música baixa a 150m, buzina de comboio no porto, sirenes de emergência no porto.
		19h31 – 20h31	50.4	67.5	52.8	12-13	Incidência do ruído de: operações de movimentação de carga no Porto da Matola, buzina de comboio no porto, sirenes de emergência no porto, canto de anfíbios e insectos.
		23h34 – 00h34	49.7	65.9	52.3	12	Incidência de ruído proveniente de: operações de movimentação de carga no Porto da Matola, buzina de comboio no porto, sirenes de emergência no porto, canto de anfíbios e insectos.

Os dados da Tabela acima foram então utilizados para determinar a média logarítmica do período diurno e nocturno para cada um dos quatro NSA's. Estes valores são apresentados na Tabela 7 abaixo e indicam os limites do nível de ruído alvo a respeitar quando se considera a produção de ruído do Projecto Karpowership.

De acordo com as directrizes do IFC, os impactos sonoros não devem exceder os níveis apresentados no Tabela 7 (abaixo) ou resultar num aumento máximo dos níveis de fundo de 3 dB(A) no local receptor mais próximo fora do sítio.

Tabela 7: Níveis de ruído alvo em cada NSA

Nome do local	**Ruído médio diurno dia LAeq (dBA)**	**Ruído médio nocturno LAeq (dBA)**	**Meta do IFC Nível de ruído diurno (dBA)**	**Meta do IFC Nível de ruído nocturno (dBA)**
NSA 1	57.7	60.0	**60.7**	**63.0**
NSA 2	46.5	46.6	**55.0**	**49.6**
NSA 3	49.2	52.1	**55.0**	**55.1**
NSA 4	51.4	49.5	**55.0**	**52.5**

**Limite IFC diurno = 55dB(A) Limite IFC nocturno = 45dB(A)*

A Tabela 7 mostra que os limites IFC para o período diurno são excedidos no NSA 1 e em todos os NSA no período nocturno. Nos casos em que os níveis de ruído residual medidos durante o estudo de campo são superiores aos previstos nas directrizes do IFC, foi adicionado um valor de +3dB(A) para atingir o nível alvo. Isto satisfaz a segunda condição de conformidade estabelecida nas directrizes do IFC.

7. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO RUÍDO

Os impactos do ruído das diferentes fases de desenvolvimento são avaliados de acordo com a metodologia fornecida pela Future Impact. O Anexo D apresenta uma descrição pormenorizada da metodologia.

7.1. Condições climáticas

O impacto da poluição sonora que se pode esperar do local durante a fase de construção e de funcionamento dependerá em grande medida das condições climáticas no local. No entanto, o impacto do ruído será mais significativo em condições meteorológicas calmas, em que o ruído do vento terá pouca dissimulação, pelo que foi considerado o pior cenário possível e a velocidade e direcção do vento não foram consideradas durante o processo de avaliação do impacto.

7.2. Fase de construção (linha eléctrica)

A construção do navio será efectuada fora do local, pelo que o impacto sonoro não é considerado. A construção da infra-estruturas auxiliares (linhas eléctricas aéreas) é descrita a seguir.

O impacto do ruído de construção que se pode esperar no local proposto pode ser extrapolado a partir da Tabela 8. Por exemplo, se várias peças de equipamento forem utilizadas simultaneamente, os níveis de ruído podem ser adicionados logaritmicamente e depois calculados a várias distâncias do local para determinar a distância a que o nível residual será atingido (ver Tabela 8 e Tabela 9).

Tabela 8: Combinação das fontes de ruído da construção - pior caso.

Descrição	**Nível de potência sonora típico (dB(A))**
Gruas suspensas e móveis	109
Carregadores frontais	100
Escavadoras	108
Bull Dozers	111
Máquinas de empilhar (móveis, se necessário)	115
Total	**117.7**

Tabela 9: Combinação de diferentes fontes de ruído de construção - Baixo impacto.

Descrição	**Nível de potência sonora típico (dB(A))**
Carregadores frontais	100
Escavadoras	108
Camiões	95
Total	**111.8**

As informações contidas nas tabelas acima podem agora ser utilizadas para calcular a atenuação em função da distância. O ruído também será atenuado pela topografia e pelas condições atmosféricas, tais como a temperatura, a humidade, a velocidade e a direcção do vento, mas isto é ignorado para este efeito, uma vez que são calculadas as condições mais desfavoráveis, ou seja, condições de calma. As distâncias calculadas na Tabela 10 abaixo seriam representativas da distância máxima para atingir níveis de ruído residual. A Tabela 10 apresenta uma ilustração da atenuação por distância de uma fonte de ruído com um nível de potência sonora de 117,7dB(A). Estes valores não consideram a atenuação do terreno e de outros obstáculos. O equipamento estará situado numa topografia plana e o ruído será transmitido sobre a água. Por conseguinte, o efeito de atenuação será reduzido.

Tabela 10: Atenuação por distância de uma fonte de ruído de 117,7dB(A)

Distância da fonte de ruído (metros)	**Nível de ruído (dBA)**
10	89.7
20	83.6
40	77.5
80	71.4
160	66.5
320	60.9
640	54.4
1 280	46.8
2 560	37.3

Tomando a tabela acima e as distâncias de cada NSA ao ponto mais próximo ao longo do trajecto da linha eléctrica. Os níveis de ruído esperados durante a construção das linhas eléctricas podem ser determinados, como se pode ver na Tabela 11 abaixo.

Tabela 11: Níveis de ruído previstos durante a fase de construção.

Nome do local	**Distância à linha eléctrica (m)**	**Níveis de ruído previstos durante a fase de construção (dBA)**
NSA 1	2 025	40.8
NSA 2	2 770	36.0
NSA 3	2 150	39.9
NSA 4	140	**67.5**

Devido à curta distância, o NSA 4 registará níveis de ruído que excedem os limites de ruído do IFC durante a fase de construção. Tal pressupõe que a construção de postes para a linha área de transporte de energia será adjacente ao NSA 4, ao longo da linha. Os níveis de ruído para a fase de

construção não são susceptíveis de afectar os outros três NSA, uma vez que estão localizados a distâncias maiores da linha área de transporte de energia.

O NSA 4 está localizado perto de muitas outras fontes de ruído existentes, como as buzinas dos comboios, as sirenes de emergência e o ruído da movimentação de carga no Porto da Matola. Por conseguinte, os impactos do ruído de construção podem ser atenuados até certo ponto. A ultrapassagem dos níveis de ruído alvo é, no entanto, de 12,5dB(A) durante o dia e de 15dB(A) durante a noite, embora por um curto período. A classificação do impacto será, por conseguinte, **média/baixa** antes da aplicação de medidas de atenuação. Isto pressupõe que o pilar da linha de transmissao ficará situado adjacente ao NSA 4.

Acções de mitigação para a fase de construção:

Como medida de precaução, a construção da linha de transporte não deve ocorrer durante a noite. Em resumo, é provável que o ruído de construção tenha um impacto grave nas zonas sensíveis ao ruído a curto prazo.

Com a aplicação efectiva da medida de mitigação acima recomendada, prevê-se que o impacto do ruído residual associado às actividades de construção seja **pouco** significativo. Recomenda-se que o ruído residencial no NSA 4 seja monitorizado durante a fase de construção para garantir a conformidade.

A classificação do impacto do ruído ambiental da construção é apresentada no Tabela 12 abaixo.

Tabela 12: Impacto do ruído (fase de construção - linha eléctrica).

	Gravidade	Duração	Escala espacial	Consequência	Frequência	Probabilidade	Possibilidade (Likelihood)	Significado	Estado	Confiança	Reversibilidade	Insubstituibilidade	Falha Fatal
Antes da Mitigação	3	2	2	**2.3**	1	4	**2.5**	**5.75**	**Médio-Baixo**	Alta	Sim	Não	Não
Medidas de Mitigação													
Medidas relacionadas com a fase de construção: • Todas as operações de construção devem ocorrer apenas durante o dia, se possível. • Sempre que possível, não deve ser efectuada a cravação de estacas durante a noite. A cravação de estacas deve ocorrer apenas durante o dia para tirar partido das condições atmosféricas instáveis. • Deverá ser efectuado um estudo do ruído nos receptores sensíveis ao ruído durante a fase de construção.													
Após a Mitigação	3	2	2	**2.3**	1	3	**2**	**4.6**	Baixo	Alta	Sim	Não	Não
Não Implementação do Projecto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Alta	-	-	-

7.3. Fase operacional

A modelação dos níveis de ruído durante a fase de operação foi efectuada com o CadnaA Versão 2023 MR2. Os parâmetros seleccionados foram baseados em condições que representam o pior cenário possível (ou seja, o impacto mais elevado).

Os resultados da modelação referem-se apenas ao ruído das actividades operacionais e excluem outras fontes de ruído em redor do local, como o tráfego rodoviário e o ruído nas zonas portuárias existentes, que fazem parte do ruído residual existente (por conseguinte, todos os pontos em que são calculados valores negativos são apresentados como zero, uma vez que o ruído é atenuado pela distância). Além disso, os efeitos do ruído do vento foram ignorados, uma vez que o maior impacto se verificará em condições atmosféricas calmas. Outras condições meteorológicas consideradas foram uma temperatura de 20°C e 80% de humidade relativa (em vez dos 10°C previstos na norma ISO 9613:1996). Assume-se que a infra-estrutura estará 100% operacional durante 100% do tempo (para representar o pior cenário possível). Os níveis de ruído projectados resultantes das operações constam do Tabela 13 abaixo. Os resultados da modelação são válidos apenas para os impactos terrestres e não se aplicam aos impactos subaquáticos.

Tabela 13: Nível de ruído previsto nos receptores durante a fase operacional.

Nome do local	**Tipo de distrito**	**IFC Limites de orientação (dBA)**		**Nível de ruído alvo IFC (dBA)**			**Comentário sobre o resultado**
		Dia	**Noite**	**Dia**	**Noite**		
NSA 1	Residencial	55	45	**60.7**	**63.0**		Dentro dos limites
NSA 2	Residencial	55	45	**55.0**	**49.6**		Dentro dos limites
NSA 3	Residencial	55	45	**55.0**	**55.1**		Dentro dos limites
NSA 4	Residencial	55	45	**55.0**	**52.5**		Dentro dos limites

Os níveis de ruído operacional do projecto proposto não excederão os limites de classificação das directrizes IFC EHS para as áreas sensíveis ao ruído identificadas.

A Figuras 5 mostra os níveis de ruído previstos para o funcionamento da Central Termoeléctrica Flutuante.

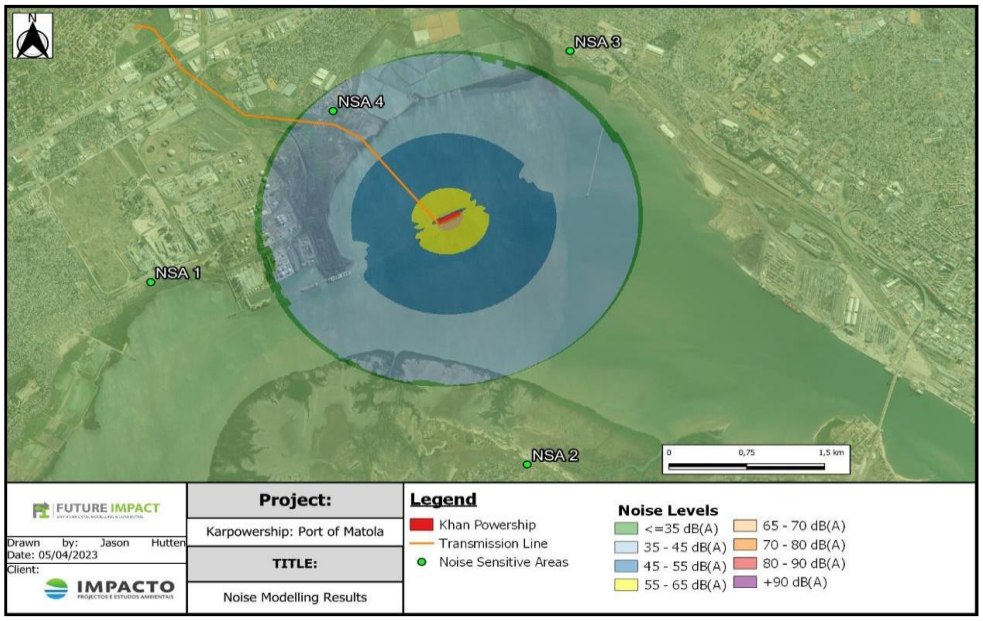


Figura 5: Níveis de ruído previstos durante a fase operacional do projecto

Prevê-se que o impacto do ruído associado às actividades operacionais do Projecto proposto seja de significância **Muito Baixa** após a mitigação no Porto da Matola. O impacto do ruído ambiental terrestre para a fase operacional é apresentado no Tabela 14 abaixo.

Tabela 14: Impacto do Ruído (Fase Operacional).

	Gravidade	Duração	Escala espacial	Consequência	Frequência	Probabilidade	Possibilidade (Likelihood)	Significado	Estado	Confiança	Reversibilidade	Insubstituibilidade	Falha Fatal
Antes da Mitigação	2	5	2	**3**	1	2	**1.5**	**4.5**	Baixo	Alta	Sim	Não	Não
Medidas de controlo													
Medidas relacionadas com a fase de construção: • O impacto sonoro do projecto proposto deve ser medido durante a fase de funcionamento, para garantir que o impacto se situa dentro dos limites legais exigido. • Assegurar que as caixas acústicas ou atenuadores instalados no navio permaneçam sempre no lugar durante as operações. • Se possível, posicionar o navio de modo que o lado de bombordo, que contém as entradas de ar, fique afastado dos receptores muito sensíveis, como as comunidades residenciais.													
Depois da Mitigação	1	5	2	**2.7**	1	1	**1**	**2.7**	Muito baixo	Alta	Sim	Não	Não
Não Implementação do Projecto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Alta	-	-	-

** A metodologia de classificação do impacto consta dos anexos.*

7.4. Fase de desactivação

Os impactos sonoros da fase de desactivação serão os mesmos que os impactos da fase de construção e serão de curta duração. Por conseguinte, prevê-se que os impactos sonoros associados à fase de desactivação tenham um significado **baixo** após a mitigação.

Os impactos sonoros cessarão com a desactivação e são, portanto, "reversíveis".

7.5. Impactos cumulativos

O impacto cumulativo das outras fontes de ruído no Porto da Matola é extremamente difícil de prever. À medida que o nível de ruído num receptor aumenta, o "ruído mais alto" será geralmente ouvido. Por conseguinte, se, no futuro, uma outra fonte de ruído, por exemplo, uma Central Termoeléctrica Flutuante, estiver localizada mais perto do receptor e gerar mais energia sonora, a nova fonte de ruído será percebida acima das outras fontes de ruído. É o caso dos NSA 1, NSA 3 e NSA 4. Estes NSA's estão situados em áreas densamente povoadas, com muitas actividades industriais já presentes na área.

8. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Os resultados da avaliação do impacto do ruído do Projecto da Central Termoeléctrica Flutuante proposto no Porto da Matola mostram que, num dos receptores ***humanos*** (ver Tabela 11), serão excedidos os limites das directrizes da IFC durante a fase de construção das linhas eléctricas. O impacto do ruído será, portanto, de **baixa** significância após a implementação das medidas de mitigação.

Prevê-se que o impacto sonoro associado às actividades operacionais do projecto proposto seja de significância **Muito Baixa após** a implementação de medidas de mitigação.

Recomenda-se vivamente o seguinte:

e) Assegurar-se de que todas as caixas acústicas ou atenuadores instalados no navio estão a funcionar durante as operações.

f) São efectuadas medições periódicas do ruído durante as fases de construção e de funcionamento, a fim de garantir o cumprimento das directrizes de saúde e segurança no trabalho da IFC.

g) Como medida de precaução, a construção não deve ocorrer durante a noite

h) Se possível, posicionar o navio de modo que o lado de bombordo onde se encontram as entradas de ar fique afastado de receptores de ruído altamente sensíveis.

Se as medidas de mitigação acima referidas forem aplicadas, recomenda-se que o projecto receba uma autorização ambiental do ponto de vista do impacto do ruído humano.



Dr Brett Williams

REFERÊNCIAS

1)	AECOM, 2018: Crib Point Pakenham Pipeline Project, Acoustic Assessment. Prepared by AECOM for APA Group.
2)	Convention on Biological Diversity, 2020 Draft Technical Standard on Anthropogenic Underwater Noise: Impacts on Marine and Coastal Biodiversity and Habitats, And Mitigation and Management Measures.
3)	Crawford RJM, Altweg R, Barham PJ, Barham BJ, Durant JM, Dyer BM, Geldenhuys D, Makhado AB, Pichegru L, Ryan PG, Underhill LG, Upfold L, Visagie J, Waller LJ & Whittington PA. (2011) Collapse of South Africa's penguins in the early 21st century. African Journal of Marine Science 2011, 33(1): 139–156
4)	International Finance Corporation – 2007 **General EHS Guidelines: Environmental Noise.**
5)	ISO 9613-1: **Attenuation of sound during propagation outdoors, Part 1: Calculation of sound by the atmosphere**
6)	ISO 9613-2: **Attenuation of sound during propagation outdoors, Part 2: General method of calculation**
7)	McInnes AM, Pistorius PA. 2019 Up for grabs: prey herding by penguins facilitates shallow foraging by volant seabirds. The Royal Society Publishing. Open Sci. 6: 190333. http://dx.doi.org/10.1098/rsos.190333
8)	Pichegru L, Nyengera R, McInnes AM & Pistorius PA. (2017). **Avoidance of seismic survey activities by penguins**. www.nature.com/scientificreports
9)	Shannon G, McKenna MF, Angeloni LM, Crooks KR, Fristrup KM, Brown E, Warner KA, Nelson MD, White C, Briggs J, McFarland S, and Wittemyer G. (2015) A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. Biological Reviews. pp. 000–000. Cambridge Philosophical Society doi: 10.1111/brv.12207.
10)	Sherley RB, Crawford RJM, Dyer BM, Kemper J, de Blocq AD, Geldenhuys D, Hagen C, Makhado AB, Pichegru L, Pistorius PA, Roux J, Visagie J, Tom D, Upfold L, Waller LJ & Winker H (2020) The conservation status and population decline of the African Penguin deconstructed in space and time, Ecology and Evolution, 2020;00:1– 11. DOI: 10.1002/ece3.6554
11)	Sherley RB, Crawford RJM, Dyer BM, Kemper J, Makhado AB, Masotla M, Pichegru L, Pistorius PA, Roux J, Ryan PG, Tom D, Upfold L & Winker H (2019) The status and conservation of the Cape Gannet *Morus capensis*, Ostrich,90:4, 335-346, DOI: 10.2989/00306525.2019.1684396. https://doi.org/10.2989/00306525.2019.1684396.
12)	South Africa - GNR.154 of January 1992: **Noise control regulations** in terms of section 25 of the Environment Conservation Act (ECA), 1989 (Act No. 73 of 1989)

13)	South Africa - GNR.155 of 10 January 1992: **Application of noise control regulations** made under section 25 of the Environment Conservation Act, 1989 (Act No. 73 of 1989)
14)	South Africa - National Environmental Management Act, 107 OF 1998 - **Procedures for the Assessment and Minimum Criteria for Reporting on identified Environmental Themes** in terms of Sections 24(5)(a) and (h) and 44 of the Act when applying for Environmental Authorisation" – GN 320 of 20th March 2020. Page 53 – 56 Section on Noise.
15)	South Africa - SANS 10103:2008 Version 6 - **The measurement and rating of environmental noise with respect to annoyance and to speech communication**.
16)	South Africa - SANS 10357:2004 Version 2.1 - **The calculation of sound propagation by the Concawe method**
17)	Triplo4 Sustainable Solutions, 2020: **Final Scoping Report and Plan of Study for the EIA for the Proposed Gas to Power Powership Project at the Port of Saldanha,Western Cape.**
18)	Mason T., Midforth F., 2022 : **Underwater Noise Assessment – Port of Saldanha Report No. P292R0801.** Subacoustech Environmental Ltd.
19)	Mason T., Midforth F., 2022 : **Measurement of airborne noise around the Osman Khan Powership, Ghana. Report No. P292R0801.** Subacoustech Environmental Ltd.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Certificados de calibração

HENAN OCEANUS

Certificate of Calibration and Test

This Certificate of Calibration and Test confirms our continued commitment to product quality and reliability

Material Tested

Model Name.	: Professional Sound Level Meter
Serial No.	:20210812143
Date	:Sept 10, 2022
Calibration	: Noise
	Range 30-130dB

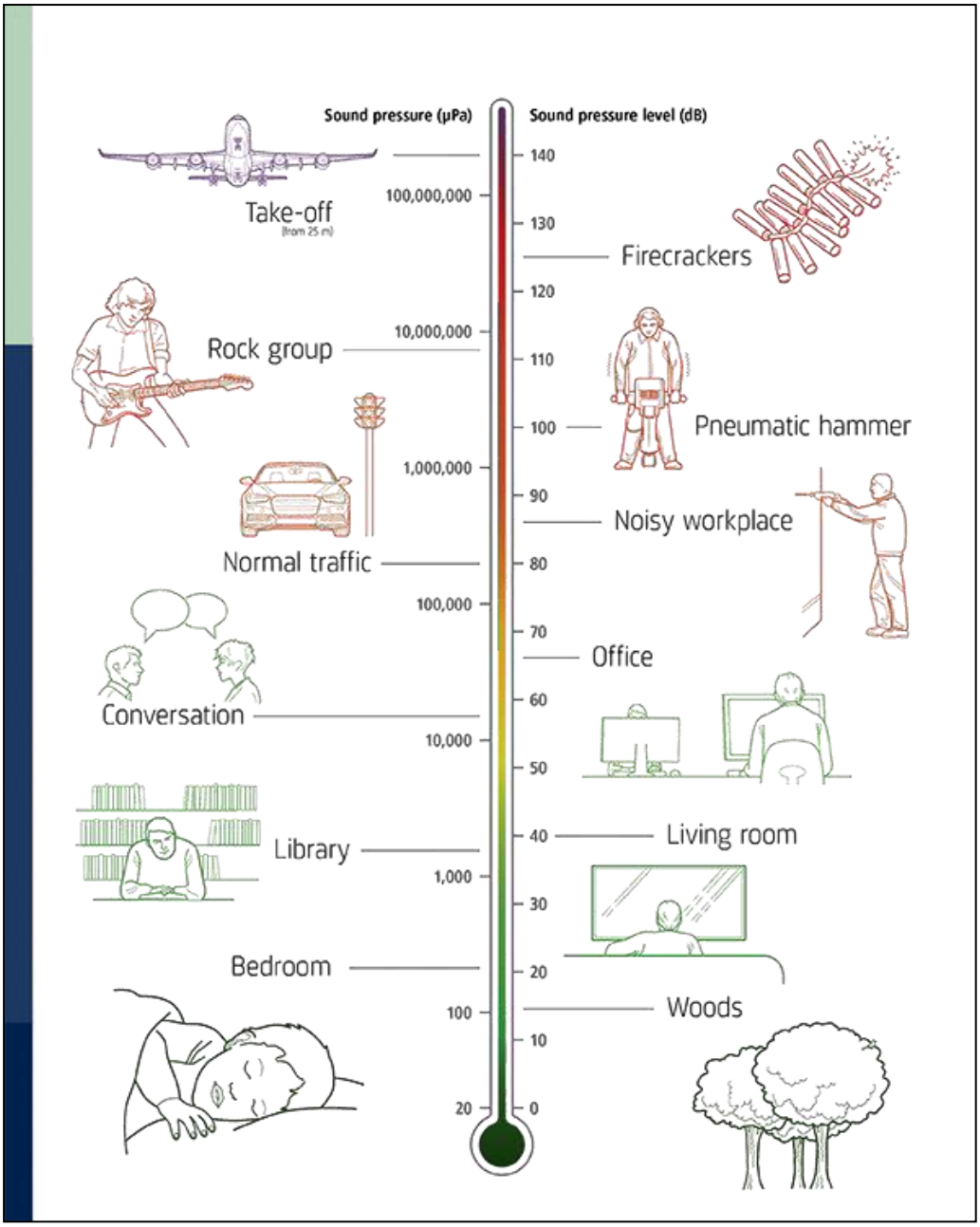
Test Result

	Noise
Functional Test	
Start up	Pass
Self-diagnosis	Pass
Zero Calibration	Pass
Span Calibration	Pass
Alarm Test	
First alarm (over)	Pass
Second alarm (under)	Pass
Time weighting	FAST 125ms; Slow (1s)
Accuracy (Value/Test)	±1.4dB
Low battery alarm	Pass
Data logger Test	
Data logging	Pass

Tested by

QC PASS 01

APÊNDICE B: Níveis Típicos de Potência Sonora e Pressão Sonora



Percepção Sonora

Mudança no nível de som	**Percepção**
3 dB	Pouco perceptível
5 dB	claramente perceptível
10 dB	Duas vezes mais alto

APÊNDICE C: Credenciais de Especialista

Dr Brett Williams

Nome da Organização: Safetech

Cargo na Empresa: Proprietário

Data de Nascimento: 21/04/1963

Anos com Firma: 25

Nacionalidade: Sul Africana

MEMBRO DE ÓRGÃOS PROFISSIONAIS

- Instituto de Higiene Ocupacional da África Austral
- Instituto de Gestão de Segurança
- Sociedade de Ventilação de Minas
- Associação Nacional de Ar Limpo

ESBOÇO BIOGRÁFICO

Brett Williams está envolvido na Gestão de Saúde, Segurança e Meio Ambiente desde 1987. Ele mede os impactos relacionados ao ruído desde 1996. Brett é o proprietário da Safetech, que possui escritórios em Pretória e Port Elizabeth. Ele prestou consultoria para muitas indústrias diferentes, incluindo mineração, química, automotiva, produção de alimentos, etc. Ele está registado no Departamento do Trabalho e na Câmara de Minas para medir estresse ambiental, que incluem monitorização químico, **ruído** e outros estresses físicos.

EXPERIÊNCIA DE PROJECTO

O Dr. Williams foi designado para vários projectos para avaliar os impactos ambientais do ruído. A lista abaixo apresenta uma selecção da experiência de projecto de Brett Williams, relevante para ruído:

- Arcus Gibb – Kouga Wind Energy Project
- CSIR – Umgeni Water Desalination Plant
- CSIR – Saldanha Desalination Plant
- CSIR – Atlantis Gas to Power Project (current)
- CSIR – Walvis Bay Port Extension
- CSIR – Noise Impact Study of Namwater Desalination Plant
- CSIR – Kouga Wind Energy Project – Background Noise Measurements
- CSIR – Kouga Wind Energy Project

- CSIR – Wind Current Wind Energy Project
- CSIR – Langefontein Wind Energy Project
- CSIR – Mossel Bay Wind Energy Project
- CSIR – Coega IDZ Wind Energy Project
- CSIR – Baakenskop Wind Energy Project
- CSIR – Biotherm Wind Energy Project
- CSIR – Innowind Mossel Bay
- CSIR – Langefontein Wind Energy Project
- CSIR – Bulk Manganese Terminal (Port of Ngqura)
- CSIR – Phyto Amandla Biodiesel Project
- CSIR – Vleesbaai Wind Energy Project
- CSIR - Kudusberg Wind Energy Project
- CES – Coega IDZ Gas to Power Project (Current)
- CES – Coega IDZ Wind Energy Project
- CES – Middleton Wind Energy Project
- CES – Waainek Wind Energy Project
- CES – Ncora Wind Energy Project
- CES – Qunu Wind Energy Project
- CES – Nqamakwe Wind Energy Project
- CES – Plan 8 Wind Energy Project
- CES – Qumbu Wind Energy Project
- CES – Peddie Wind Energy Project
- CES – Cookhouse Wind Energy Project
- CES – Madagascar Heavy Minerals
- CES – Richards Bay Wind Energy Project
- CES – Hluhluwe Wind Energy Project
- CEN – Kwandwe Airport Development Project
- CEN – Swartkops Manganese Project
- CEN – N2 Petro Port Project
- SiVest - Rondekop Wind Energy Project
- SRK – Roodeplaat Wind Energy Project
- Savannah - Witberg Wind Energy Project
- Savannah - Kareebosch Wind Energy Project

ENSINO SUPERIOR

- PhD - Universidade de Pretoria (Gestão Ambiental)
- Vários Cursos de Saúde e Segurança.
- Diploma Nacional de Gestão de Saúde & Segurança
- Harvard University – Aplicação dos Princípios de Higiene Industrial – incluindo ruído
- Curso de Medição da Poluição da EPA dos Estados Unidos realizado na Universidade de Cincinnati (Centro de Formação EPA)
- Curso de Formação em Modelação de Dispersão Aérea da EPA dos EUA
- Mestrado em Gestão de Empresas (Universidade de Gales) com dissertação sobre relatórios ambientais na África do Sul.
- Auditor Ambiental (ISO 14001:2004)

APÊNDICE D: Metodologia de Avaliação de Impacto

Esta secção descreve os processos levados a cabo para identificar impactos, para avaliar e classificar os impactos e riscos, para descrever os impactos e riscos ambientais identificados durante o processo de EIA, para avaliação da significância de cada impacto, risco e uma indicação da extensão em que o problema e risco podem ser evitados ou abordados pelas acções de gestão e quaisquer desvios do Relatório de Escopo aprovado (incluindo Plano de Estudo).

Suposições, incertezas e lacunas de conhecimento relativas à avaliação e mitigação propostas também são discutidas.

No EIA, a significância dos impactos potenciais é considerada antes e depois da implementação da mitigação identificada, para impactos directos, indirectos e cumulativos, a curto e longo prazo, para todas as fases do projecto proposto. Os estudos especializados são sintetizados e integrados na avaliação geral do impacto e as recomendações para mitigação são incluídas no PGA.

Os seguintes critérios foram considerados para a avaliação de cada impacto.

A **natureza** de um impacto é o tipo de efeito que a actividade terá no meio ambiente. Inclui o que está sendo afectado e como.

A **duração** do impacto é o período durante o qual o impacto está ocorrendo. Inerente a isso está a **reversibilidade** do impacto, ou seja, se a duração do impacto não for permanente, então ele pode ser revertido, ou seja, o impacto é reversível. Caso um impacto não seja reversível, isso é explicitamente declarado.

A **perda insubstituível de recursos** foi avaliada, mas não declarada explicitamente como tal. Por exemplo, um impacto menos severo será insignificante ou não prejudicial e a perda de recursos resultante pode ser substituída. Em contraste, a perda de recursos de impactos desastrosos ou extremamente prejudiciais não pode ser substituída satisfatoriamente.

A **significância** de um impacto é determinada por uma combinação de sua consequência e possibilidade (Likelihood).

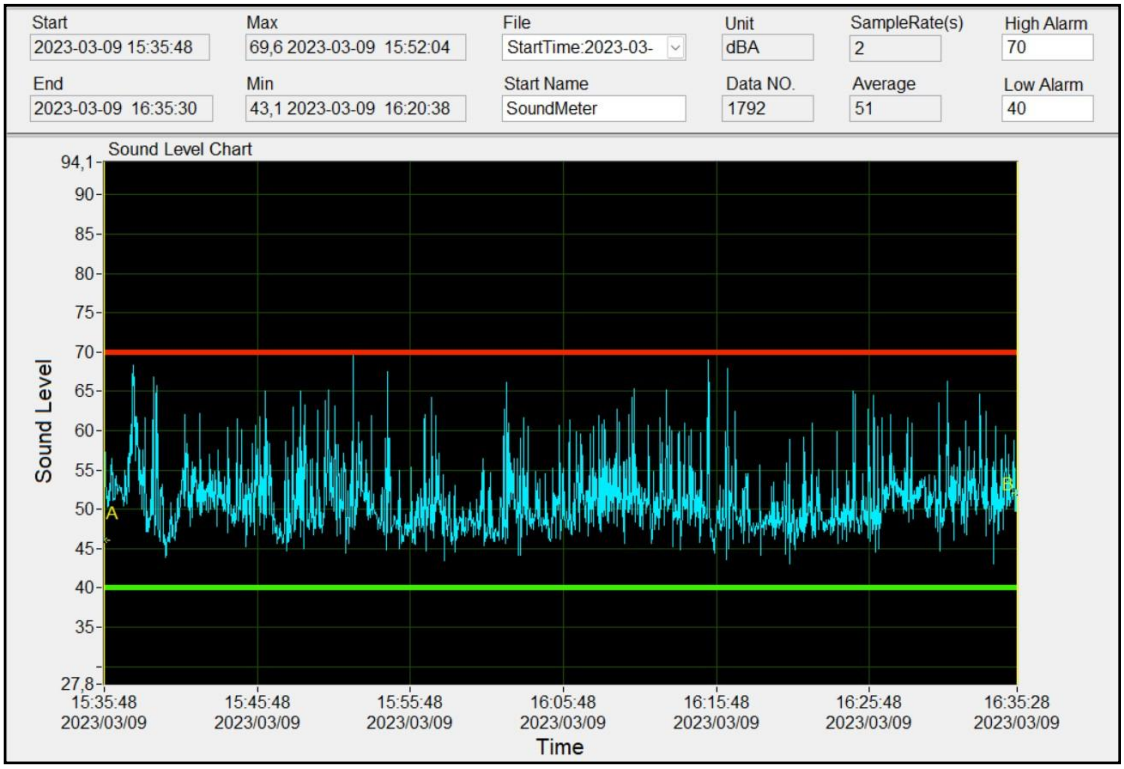
A tabela abaixo descreve a pontuação dos impactos e como eles determinam a significância geral.

Pontuação de Impactos		
Consequência		
Severidade o grau em que o projecto afecta ou muda o ambiente	1 – Insignificante / Não prejudicial 2 – Pequeno / Potencialmente prejudicial 3 – Significativo/Levemente prejudicial 4 – Óptimo / Prejudicial 5 – Desastrosa /Extremamente prejudicial	0dB(A) – 29 dB(A) 30 dB(A) – 40 dB(A) Excede o limite de tempo SANS 10103:2008 dias do distrito. Excede o limite nocturno SANS 10103:2008 do distrito. Excedência em larga escala dos limites SANS 10103:2008.
Duração uma medida do tempo de vida em que o impacto estará presente	1 – Até 1 mês 2 – 1 mês a 3 meses 3 – 3 meses a 1 ano 4 – 1 a 10 anos 5 – Mais de 10 anos / Permanente	
Escala Espacial a extensão / tamanho da área que pode ser afectada	1 – Área imediata, totalmente contida / dentro do sítio 2 – Área cicundante (< 2km) 3 – Dentro da fazenda / vila / cidade 4 – Dentro da área municipal 5 – Regional, Nacional, Internacional	
Consequência geral = (Severidade + Duração + Extensão) / 3		
Possibilidade (Likelihood)		
Frequência com que frequência o impacto ocorrerá	1 – Uma vez ou mais vezes durante a operação 2 – Uma ou mais vezes em 6 meses 3 – Uma ou mais vezes por mês 4 – Uma ou mais vezes por semana 5 – Diariamente ou de hora em hora	
Probabilidade a probabilidade ou as chances de que o impacto ocorrerá	1 – Quase nunca / quase impossível 2 – Muito raramente / altamente improvável 3 – Pouco frequente / improvável / raramente 4 – Frequentemente / regularmente / provável / possível 5 – Diariamente / muito provável / definitivamente	

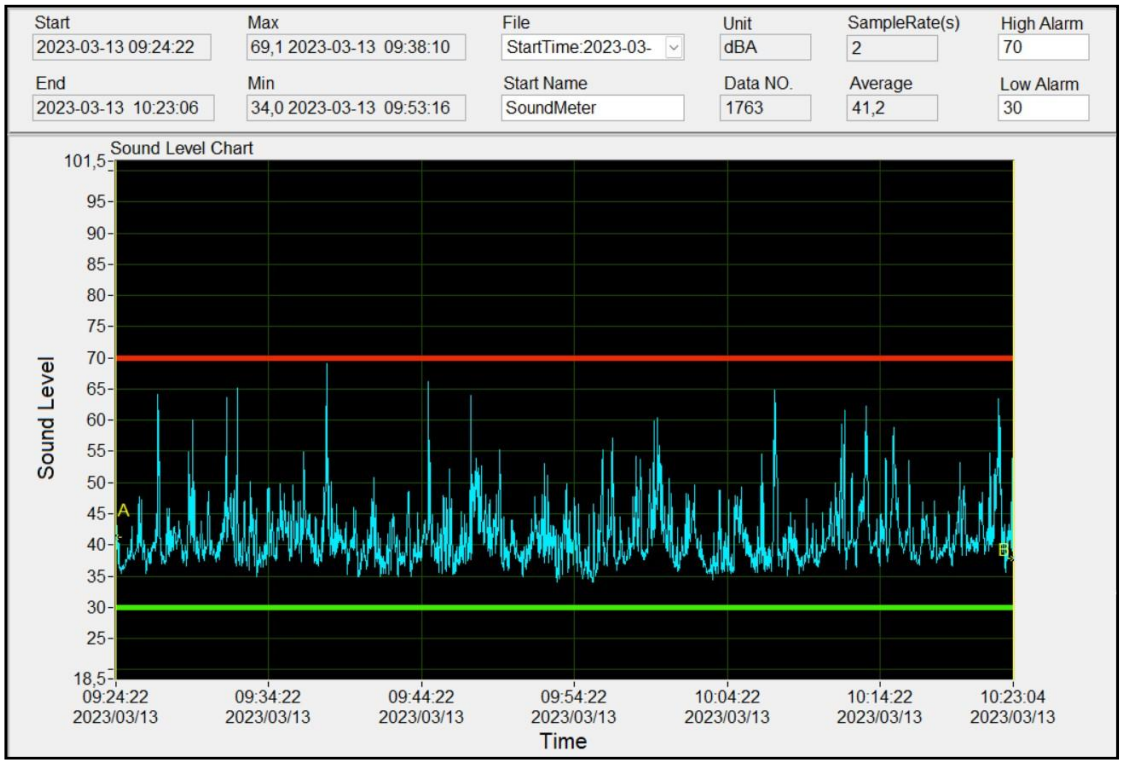
Possibilidade (Likelihood) Geral = (Frequência + Probabilidade) / 2		
Significado Ambiental Geral = Consequência geral X Possibilidade (Likelihood) geral		
Significado Ambiental Geral:		
0 - 2.9	Muito baixo	
3 - 4.9	Baixo	
5 - 6.9	Médio - Baixo	
7 - 8.9	Médio	
9 - 10.9	Médio - Alto	
11 and above	Alto	
Reversibilidade		
Reversibilidade grau em que o impacto pode ser revertido	Reversível – o impacto é reversível Irreversível – o impacto não é reversível	
Perda Insubstituível de Recursos		
Perda Insubstituível de Recursos grau em que a perda de recursos pode ser substituída	Sim – o impacto causa uma perda de recursos que não podem ser substituídos Não – o impacto causa uma perda de recursos que podem ser substituídos	
Falha Fatal		
Falha fatal grau em que o impacto é uma falha fatal	Sim - o impacto resulta em uma falha fatal Não – o impacto não resulta em uma falha fatal	

APÊNDICE E: Selecção do Perfil de Ruído

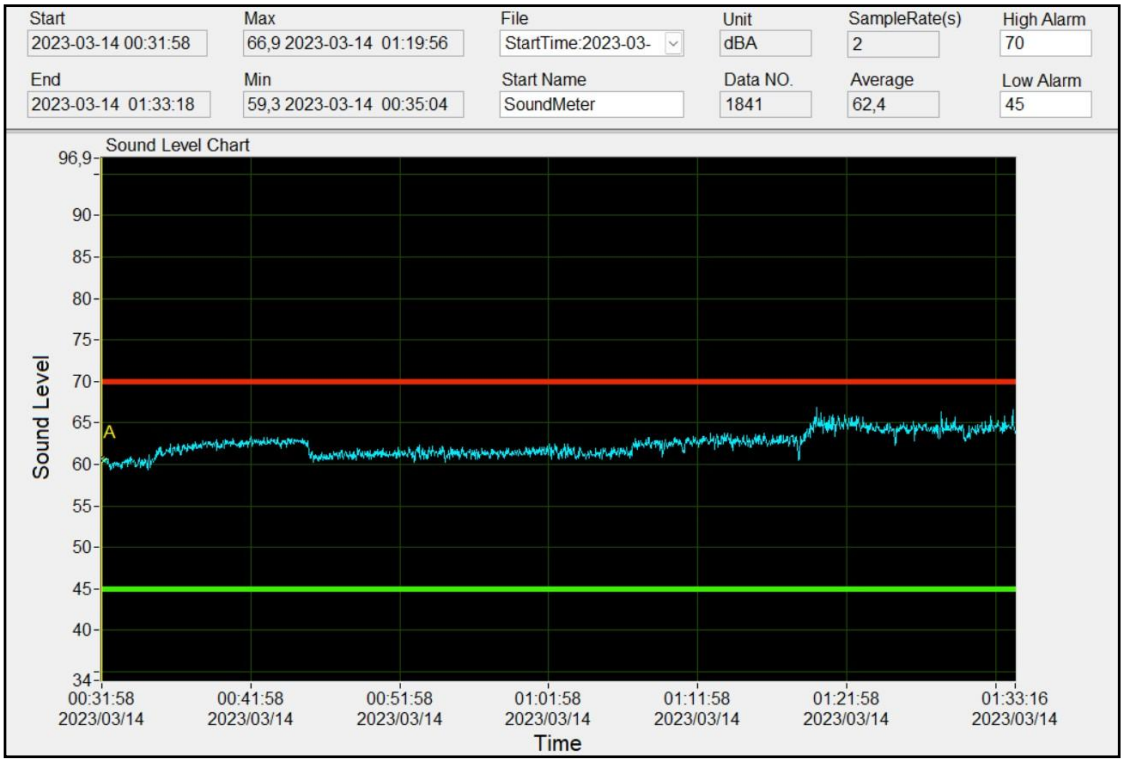
NSA 3: Dia 1 Período 1 (15h35 – 16h35)



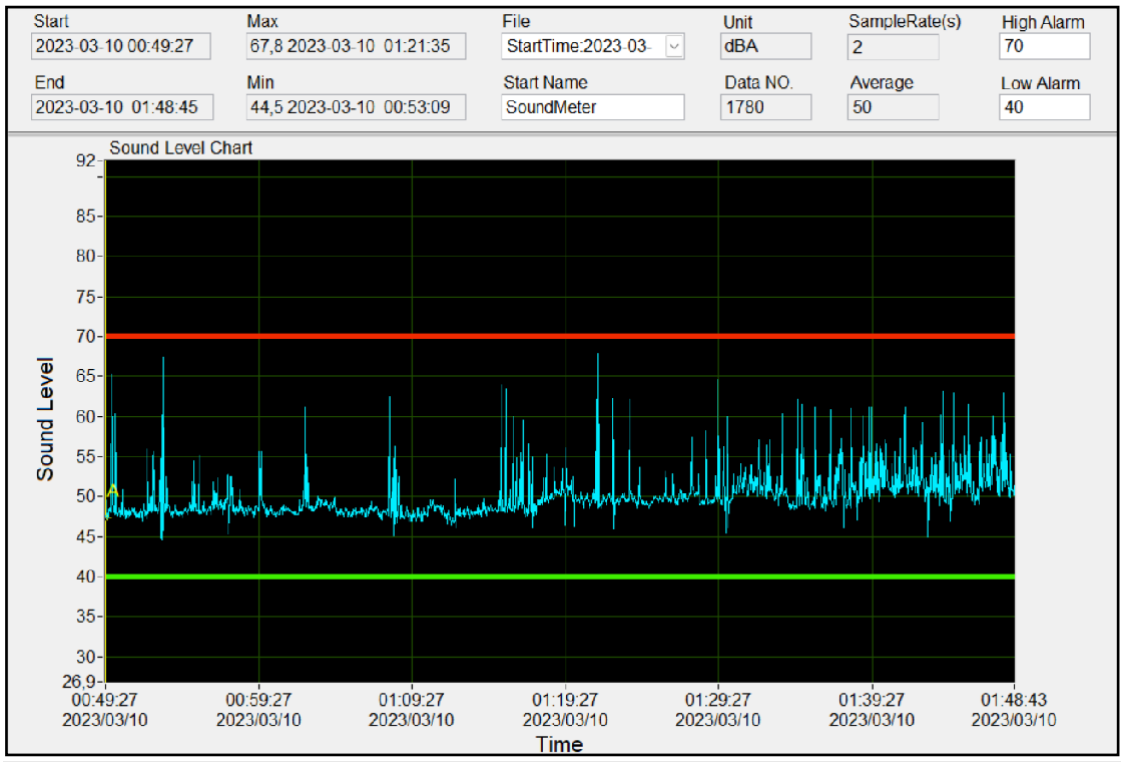
NSA 2: Dia 2 Período 1 (09h24 – 10h23)



NSA 1: Dia 3 Período 3 (00h31 – 01h33)



NSA 4: Dia 1 Período 3 (00h49 – 01h49)



EE-2

Estudo Especializado em Pluma de Dragagem

PRDW
Consulting Port and Coastal Engineers

CENTRAL TERMOELÉCTRICA FLUTUANTE DE MAPUTO ESTUDO CONCEPTUAL

Estudo Especializado em Pluma de Dragagem

REV.C

04 Março 2024



Karpowership Mozambique Company Limitada
Moçambique

PRDW
Consulting Port and Coastal Engineers

CENTRAL TERMOELÉCTRICA FLUTUANTE DE MAPUTO ESTUDO CONCEPTUAL

ESTUDO ESPECIALIZADO EM PLUMA DE DRAGAGEM

ESTUDO ESPECIALIZADO

S2137-06-RP-CE-003-RC

04 Março 2024

Renúncia aos direitos de autor:

Este Documento, incluindo todo o desenho e informação nele contida, é Propriedade Intelectual Confidencial do Karpowership. Os direitos de autor e todos os outros direitos são reservados por PRDW e/ou Karpowership. Este Documento só pode ser utilizado para os fins a que se destina.

REV.	TIPO	DATA	EXECUTADO	VERIFICADO	APPROVADO	CLIENTE	DESCRIÇÃO / COMENTÁRIOS
A	A	15/03/2023	SRW	SRL			Draft para comentários
B	C	14/09/2023	SRW	SRL			Plano de fundo actualizado
C	C	04/03/2024	SRW	SRL			Combustível alterado para Gás Natural

TIPO DE ENTREGA: (A) Projecto (B) Para concordância ou proposta (C) Para aprovação (D) Aprovado (E) Vário

Karpowership Mozambique Company Limitada
Mozambique

PRDW
4th Floor, Wellbank Building, Clock Tower Precinct, Victoria & Alfred Waterfront
Cape Town, South Africa | PO Box 50013, Waterfront 8002
T: +27 21 418 0800
www.prdw.com

Cape Town, South Africa
Santiago, Chile
Perth, Australia
Seattle, USA
Manila, Brazil
Panama City, Panama

Índice

SUMÁRIO EXECUTIVO 5
ABREVIATURAS E DEFINIÇÕES 6

1. INTRODUÇÃO E METODOLOGIA **7**

1.1. **ESCOPO E OBJECTIVO** 7
1.2. **ABORDAGEM E METODOLOGIA** 7
1.3. **METODOLOGIA DO ESTUDO DOCUMENTAL** 7
1.4. **ESTUDO DE CAMPO** 8
1.5. **PRESSUPOSTOS E LIMITAÇÕES** 9
1.6. **FONTES DE INFORMAÇÃO** 9
1.6.1. Padrões e Directrizes 9

2. DESCRIÇÃO DOS ASPECTOS DO PROJECTO RELEVANTES AOS IMPACTOS DE RUÍDO **11**

2.1. DESCRIÇÃO DETALHADA DO PROJECTO 11

3. IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RUÍDO **12**

3.1. **FONTES DE RUÍDO DO PROJECTO DURANTE A FASE DE CONSTRUÇÃO** 12
3.2. **FONTES DE RUÍDO DO PROJECTO DURANTE A FASE OPERACIONAL** 12

4. IDENTIFICAÇÃO DE QUESTÕES-CHAVE **16**

5. LEGISLAÇÃO E DIRECTRIZES PERTINENTES **17**

6. RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO DO RUÍDO DE FUNDO **18**

7. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO RUÍDO **26**

7.1. **CONDIÇÕES CLIMÁTICAS** 26
7.2. **FASE DE CONSTRUÇÃO (LINHA ELÉCTRICA)** 26
7.3. **FASE OPERACIONAL** 29
7.4. **FASE DE DESACTIVAÇÃO** 31
7.5. **IMPACTOS CUMULATIVOS** 31

8. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES **32**

REFERÊNCIAS 33
APÊNDICES 35
APÊNDICE A: CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO 35
APÊNDICE B: NÍVEIS TÍPICOS DE POTÊNCIA SONORA E PRESSÃO SONORA 36
APÊNDICE C: CREDENCIAIS DE ESPECIALISTA 37
APÊNDICE D: METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO 40
APÊNDICE E: SELECÇÃO DO PERFIL DE RUÍDO 43

1. INTRODUÇÃO **1**

1.1 ANTECEDENTES 1
1.2 ÂMBITO DO TRABALHO 2
1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO 2

2. MODELAÇÃO HIDRODINÂMICA **3**

2.1 INTRODUÇÃO 3

2.2 DESCRIÇÃO DO MODELO 3
2.3 CONFIGURAÇÃO DO MODELO 4
2.3.1Malha e batimetria 4
2.3.2Vento 7
2.3.3Ondas 9
2.3.4Marés 10
2.3.5Rugosidade do Fundo 10
2.3.6Caudal Fluvial Afluente 10
2.3.7Dispersão Turbulenta Vertical 11
2.4 CALIBRAÇÃO DE MODELOS 11
2.5 SELECÇÃO DO PERÍODO DE MODELAÇÃO 17
2.6 RESULTADOS HIDRODINÂMICOS 19

3. MODELAÇÃO DE PLUMA DE DRAGAGEM 23

3.1 INTRODUÇÃO 23
3.2 DESCRIÇÃO DO MODELO 23
3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ACTIVIDADES DE DRAGAGEM 23
3.3.1Volume de dragagem 23
3.3.2Metodologia de dragagem 23
3.3.3Processos físicos 24
3.3.4Área de dragagem e local de deposição 25
3.3.5Características dos sedimentos 26
3.3.6Balanço de massa de finos 28
3.3.7Volumes e massas de sedimentos por carga da cuba 29
3.3.8Tempos de ciclo e duração da dragagem 29
3.3.9Taxas de carga de sedimentos 30
3.4 PARÂMETROS DOS SEDIMENTOS 30
3.5 TURBIDEZ NATURAL 32

4. RESULTADOS 33

4.1 CONTORNOS DE CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS SUSPENSOS 33
4.2 SÉRIES TEMPORAIS DE CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS SUSPENSOS 42
4.3 ESPESSURA DO DEPÓSITO 43

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 46

6. REFERÊNCIAS 47

1. INTRODUÇÃO 5

1.1. DESCRIÇÃO DO PROJECTO 6
1.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE DRAGAGEM 6
1.3. OBJECTIVOS DO ESTUDO 9

2. METODOLOGIA 11

2.1. ÁREA DE ESTUDO 11
2.2. MÉTODOS 11
2.2.1.Plâncton 12
2.2.2.Macrobentos 12
2.2.3.Ictiofauna 12

3. RESULTADOS DA ANÁLISE DE BASE E DISCUSSÃO 13

3.1. FITOPLÂNCTON 13
3.2. ZOOPLÂNCTON 18
3.3. MACROFAUNA BENTÓNICA 21
3.4. ICTIOFAUNA 25
3.5. METAIS PESADOS 28

4. POTENCIAIS IMPACTOS DA DRAGAGEM NO AMBIENTE MARINHO 30

4.1. FITOPLÂNCTON 31
4.2. ZOOPLÂNCTON 35
4.3. MACROBENTOS 37
4.4. ICTIOFAUNA 41
4.5. OBSERVAÇÃO GERAL 49
4.6. MEDIDAS DE MITIGAÇÃO 49

5. PLANO DE MONITORIA AMBIENTAL DA DRAGAGEM 50

5.1. MONITORIA DA BIOTA AQUÁTICA 52
5.1.1. Fase e periodicidade da Monitoria 52
5.1.2. Responsabilidade 52
5.1.3. Equipa técnica 53
5.2. MONITORIA DA DISPERSÃO DA PLUMA DE DRAGAGEM 53
5.2.1. Fase e periodicidade da Monitoria 53
5.2.2. Responsabilidade 54
5.2.3. Equipa técnica 54
5.3. MONITORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTOS 54
5.3.1. Fase e periodicidade da Monitoria 54
5.3.2. Responsabilidade 55
5.3.3. Equipa técnica 55

6. PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL PARA A DRAGAGEM 55

7. CONCLUSÃO 63

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 64

9. LISTA DE ANEXOS I

ANEXO 1- ESPÉCIES E FAMÍLIAS OBSERVADAS NOS DIFERENTES GRUPOS TAXONÓMICOS I
ANEXO 2 – IMPACTOS DA RESSUSPENSÃO DE METAIS E SEDIMENTOS PELA ACTIVIDADE DE DRAGAGEM NOS DIFERENTES GRUPOS TAXONÓMICOS. VI
ANEXO 3: LIMITES PARA A QUALIDADE DE ÁGUA ESTUARINA NA COSTA ESTE DE ÁFRICA (REPUBLIC OF SOUTH AFRICA, DEPARTMENT OF FORESTRY, FISHERIES AND THE ENVIRONMENT (2022)). X
1.1 CONTEXTO GERAL 0
1.2 ÂMBITO DE APLICAÇÃO E OBJETIVOS 4
1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO 5
3.1 PEGADA DE CARBONO CORPORATIVA 7
3.2 LIMITES DO PROJETO 8
3.3 FATORES DE EMISSÃO E OUTROS PARÂMETROS RELEVANTES CONSIDERADOS 9
4 PEGADA DE CARBONO 14
4.2 FASE DE OPERAÇÃO 16
4.3 BALANÇO FINAL DE EMISSÕES 20

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 21
6 BIBLIOGRAFIA 24

1. INTRODUÇÃO 6

1.1. ANTECEDENTES 6
1.2. ÂMBITO DO TRABALHO 6
1.3. ESTRUTURA DO RELATÓRIO 7

2. CARACTERIZAÇÃO DA DESCARGA 8

4. DIRECTRIZES DE QUALIDADE DA ÁGUA 10

5. MODELAÇÃO HIDRODINÂMICA 11

4.1. INTRODUÇÃO 11
4.2. DESCRIÇÃO DO MODELO 11
4.3. CONFIGURAÇÃO DO MODELO 11
4.3.1. Malha e batimetria 11
4.3.2. Vento 14
4.3.3. Ondas 16
4.3.4. Marés 16
4.3.5. Rugosidade do Fundo 17
4.3.6. Caudal Fluvial Afluente 17
4.3.7. Dispersão Turbulenta Vertical 17
4.4. CALIBRAÇÃO DO MODELO 17
4.5. SELECÇÃO DO PERÍODO DE MODELAÇÃO 24
4.6. RESULTADOS 25

6. MODELAÇÃO DE PLUMA TÉRMICA 29

5.1. INTRODUÇÃO 29
5.2. DESCRIÇÃO DO MODELO 29
5.3. CONFIGURAÇÃO DO MODELO 29
5.3.1. Batimetria e malha 29
5.3.2. Vento 32
5.3.4. Níveis de água e correntes 32
5.3.6. Temperatura da água do mar 32
5.3.7. Descargas 32
5.4. CALIBRAÇÃO DE MODELOS 32
5.5. PERÍODO DE MODELAÇÃO 32
5.6. RESULTADOS 35

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 42

8. REFERÊNCIAS 43

1. INTRODUÇÃO 1

2. TERMINOLOGIA DA ACÚSTICA SUBAQUÁTICA 2

2.1. UNIDADES DE MEDIDA 2
2.2. NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (NPS) 2
2.3. VIBRAÇÃO DO FUNDO DO MAR E DO LEITO DO RIO 2

3. PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DE REFERÊNCIA 4

3.1. MONITORIZAÇÃO ESTÁTICA 4
3.1.1.Equipamento 4
3.1.2.Procedimento 4
3.2. MONITORIZAÇÃO ASSISTIDA A PARTIR DE EMBARCAÇÕES 5
3.2.1.Equipamento 5
3.2.2.Procedimento 5
3.3. MONITORIZAÇÃO DAS VIBRAÇÕES 6
3.3.1.Procedimento 6
3.4. RESUMO 7

4. RESULTADOS INICIAIS 8

4.1. VISÃO GERAL 8
4.2. MONITORIZAÇÃO ESTÁTICA DE LONGO PRAZO 8
4.3. MONITORIZAÇÃO ASSISTIDA A PARTIR DE EMBARCAÇÕES 10
4.4. MONITORIZAÇÃO DAS VIBRAÇÕES 11

5. RUÍDO SUBAQUÁTICO MEDIDO EM SEKONDI, GANA 13

5.1. MONITORIZAÇÃO ESTÁTICA 14
5.1.1.Equipamento 14
5.1.2.Procedimento 14
5.1.3.Condições e resultados da medição estática 14
5.2. MONITORIZAÇÃO ASSISTIDA A PARTIR DE EMBRACAÇÕES 15
5.2.1.Equipamento 15
5.2.2.Procedimento 16
5.2.3.Condições e resultados das medições baseadas em Navios 16

6. AVALIAÇÃO DOS EFEITOS AMBIENTAIS 19

6.1. MAMÍFEROS MARINHOS 19
6.2. PEIXES 21
6.2.1.Critérios de impacto do ruído 21
6.2.2.Vibração 23
6.2.3.Movimento de partículas 23

7. IMPACTO SONORO DA CTF EM TORNO DO PORTO DA MATOLA 24

7.1. NÍVEIS DE RUÍDO DO NAVIO A INSTALAR NO PORTO DE MATOLA 24
7.1.1.Impacto do ruído subaquático nos mamíferos marinhos 26
7.1.2.Impacto do ruído subaquático nos peixes 27
7.2. MITIGAÇÃO 28

8. CONCLUSÕES 29

ÍNDICE 2

LISTA DE TABELAS 4

GLOSSÁRIO DE ACRÓNIMOS E UNIDADES 5

1. INTRODUÇÃO 6

2. ÂMBITO DO TRABALHO 7

3. DESCRIÇÃO DO PROJECTO 8

4. POLUENTES QUE SUSCITAM PREOCUPAÇÃO 10

4.1. VISÃO GERAL 10
4.2. PARTÍCULAS 10
4.3. DIÓXIDO DE AZOTO (NO_2) 11
4.4. DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO_2) 12
4.5. MONÓXIDO DE CARBONO (CO) 12

5. REQUISITOS LEGAIS 13

5.1. NORMAS DE EMISSÃO 13
5.2. NORMAS E DIRECTRIZES RELATIVAS À QUALIDADE DO AR AMBIENTE 13

6. ESTADO DA QUALIDADE DO AR 15

6.1. CLIMA 15
6.2. QUALIDADE DO AR AMBIENTE 17

7. EMISSÕES 18

7.1. PARÂMETROS DA FONTE PONTUAL 18
7.2. TAXAS MÁXIMAS DE EMISSÃO DE FONTES PONTUAIS 18
7.3. EMISSÕES FUGITIVAS 22

8. MODELAÇÃO DA DISPERSÃO 23

8.1. MODELOS UTILIZADOS 23
8.2. PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO 23
8.3. EXACTIDÃO DO MODELO 26
8.4. CENÁRIOS DE MODELOS 27
8.5. CONCENTRAÇÕES AMBIENTAIS PREVISTAS 27
8.5.1. Concentrações previstas de SO_2 27
8.5.2. Concentrações previstas de NO_2 32
8.5.3. Concentrações previstas de PM_{10} 36
8.5.4. Concentrações previstas de CO 39

9. AVALIAÇÃO DE IMPACTO 41

9.1. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO 41
9.2. IMPACTOS NA FASE DE CONSTRUÇÃO 44
9.3. IMPACTOS NA FASE DE OPERAÇÃO 45

10. RECOMENDAÇÕES PARA MITIGAÇÃO 47

10.1. CONSTRUÇÃO 47
10.2. OPERAÇÃO 47

11. RESUMO E CONCLUSÃO 48

1. INTRODUÇÃO 8

1.1 ANTECEDENTES 8
1.2 ÂMBITO 8
1.3 INFORMAÇÕES SOBRE A CONCEPÇÃO 8

2. HAZID 9

2.1 OBJECTIVOS 9
2.2 METODOLOGIA 9
3. HAZOP 11
3.1 OBJECTIVOS 11
3.2 METODOLOGIA 11
4. PARTICIPANTES 12
5. RESULTADOS 13
5.1 CONSIDERAÇÕES E PRESSUPOSTOS 13
5.2 HAZID 13
5.3 HAZOP 15
6. DISCUSSÃO[2] 17
7. REFERÊNCIAS 18
APÊNDICE 1: PLANILHA DE TRABALHO HAZID 19

TABELA

Pag N°

Tabela 2-1: Descarga média mensal para os rios Incomati, Maputo e Umbeluzi 11
Tabela 3-1: Definição dos tipos de sedimentos 26
Tabela 3-2: Resumo da classificação dos sedimentos 27
Tabela 3-3: Densidades secas dos sedimentos e factores de granulometria 28
Tabela 3-4: Balanço de massa das coimas 28
Tabela 3-5: Volumes e massas de sedimentos por carga de tremonha 29
Tabela 3-6: Tempo de ciclo de draga 29
Tabela 3-7: Taxas de carregamento de sedimentos por carga de tremonha 30
Tabela 3-8: Parâmetros de assentamento, deposição e ressuspensão de sedimentos 30
Tabela 3-9: Resumo das medições de turbidez na Baía de Maputo (SEED, 2010) 32

FIGURAS

Page N°

Figura 1-1: Localização e disposição do local para o terminal de Karpowership proposto na Matola. (Desenho PRDW ref. S2137- 6-DR-CE-102-B). 1
Figura 2-1: Batimetria utilizada no modelo hidrodinâmico. 5
Figura 2-2: Malha utilizada no modelo hidrodinâmico. As correntes e alturas de maré previstas foram aplicadas ao longo do limite aberto do mar (verde) e as descargas médias mensais dos rios Incomati, Maputo e Umbeluzi foram aplicadas nos limites do modelo a montante (ciano) 6
Figura 2-3: Traçado vectorial instantâneo dos dados de vento de ECMWF hindcast mostrando a variação na velocidade e direcção do vento sobre Maputo durante um evento do sul na direcção sobre Matola 7
Figura 2-4: Rosa eólica dos dados de vento de ECMWF hindcast (1979-2020) extraídos do ponto de saída mais próximo da Matola 8
Figura 2-5: Gráfico Q-Q comparando a velocidade do vento medida com o nó de modelo de retransmissão mais próximo 8
Figura 2-6: Gráfico Q-Q comparando a velocidade do vento medida com o nó do modelo de retransmissão em escala 9
Figura 2-7: Rosas da onda mensal NCEP a 34,0°E, 27,0°S (esquerda) e 34,0°E, 26,0°S (direita) de 1979 a 2009. 10
Figura 2-8: Localização das medições disponíveis 12
Figura 2-9: Série temporal de níveis de água medidos e modelados no cais de carvão da Matola, vista detalhada . 12
Figura 2-10: M01; comparação de séries temporais de correntes medidas e modeladas 13
Figura 2-11: M05; comparação das correntes medidas e modeladas em série temporal 14
Figura 2-12: M01; Comparação percentual das velocidades de corrente medidas e modeladas para o período de 17 de Janeiro de 2004 a 15 de Março de 2004 15

Figura 2-13: M05; Comparação percentual das velocidades de corrente medidas e modeladas para o período de 17 de Janeiro de 2004 a 25 de Maio de 2004. 15

Figura 2-14: M01; Comparação actual da rosa medida e modelada perto da superfície (topo) e perto - correntes do fundo marinho para o período de 17 de Janeiro de 2004 a 15 de Março de 2004. 16

Figura 2-15: M05; Comparação actual da rosa medida e modelada perto da superfície (topo) e perto - correntes do fundo marinho para o período de 17 de Janeiro de 2004 a 25 de Maio de 2004. 16

Figura 2-16: Curvas de superação da velocidade do vento em Maputo de 1979 a 2020. 17

Figura 2-17: Comparação dos percentis de velocidade do vento: 2002 vs todos os dados (1979-2020) no conjunto de dados do ECMWF. 18

Figura 2-18: Comparação de rosas de vento: Verão 2001/2002 vs todos os dados (1979-2020) no conjunto de dados do ECMWF. 18

Figura 2-19: Traçado vectorial instantâneo mostrando correntes de profundidade média durante a maré de cheia.. .. 19

Figura 2-20: Traçado vectorial instantâneo mostrando correntes de profundidade média durante a maré baixa 20

Figura 2-21: Velocidade de corrente média de profundidade do percentil 50 21

Figura 2-22: Refracção das ondas durante uma tempestade 22

Figura 3-1: Fontes de uma pluma de draga para uma draga de tremonha de aspiração de reboque (TSHD) no local da draga: 1. Cabeça de dragagem, 2. Overflow and 3. Propeller wash (Becker, 2015) 24

Figura 3-2: Fontes de uma pluma de draga durante a eliminação de uma barcaça de tremonha fendida (Becker, 2015). 25

Figura 3-3: Áreas de dragagem e eliminação mais batimetria aplicada para a modelação da dispersão da pluma de dragagem. 26

Figura 3-4: Localização de várias amostras históricas de locais para classificação de sedimentos. 27

Figura 3-5: A tensão máxima e média de cisalhamento da cama sobre a área de interesse. 31

Figura 4-1: Traçado instantâneo de correntes próximas do fundo e SSC's durante a dragagem 33

Figura 4-2: Traçado instantâneo de correntes próximas do fundo e SSC's durante a eliminação. 34

Figura 4-3: CSS máximo próximo da superfície e próximo do fundo 35

Figura 4-4: Número de dias em que 10 mg/l é excedido 36

Figura 4-5: Número de dias em que 20 mg/l é excedido 37

Figura 4-6: Número de dias em que 50 mg/l é excedido 38

Figura 4-7: Número de dias em que 100 mg/l é excedido 39

Figura 4-8: Número de dias em que 200 mg/l é excedido 40

Figura 4-9: Número de dias em que 500 mg/l é excedido 41

Figura 4-10: Séries temporais de SSC's modeladas perto do solo marinho em P1 - P3 (Figura 4-4 à Figura 4-9). 42

Figura 4-11: Séries cronológicas de SSC's modeladas próximas do solo em P4 - P6 (Figura 4-4 a Figura 4-9). 43

Figura 4-12: Espessura máxima de deposição e espessura de deposição no final da simulação 44

1. INTRODUÇÃO

1.1 Antecedentes

A Karpowership International DMCC (Karpowership) está a investigar a opção de atracar uma Central Termoeléctrica Flutuante (Powership) da classe Khan para estabelecer um projecto temporário de produção de energia flutuante (3 anos) na Matola, dentro da Baía de Maputo. A Central funcionará com Gás Natural (GN) fornecido por um gasoduto de 3 km. O layout proposto para o projecto marítimo é mostrado na Figura 1-1 abaixo.

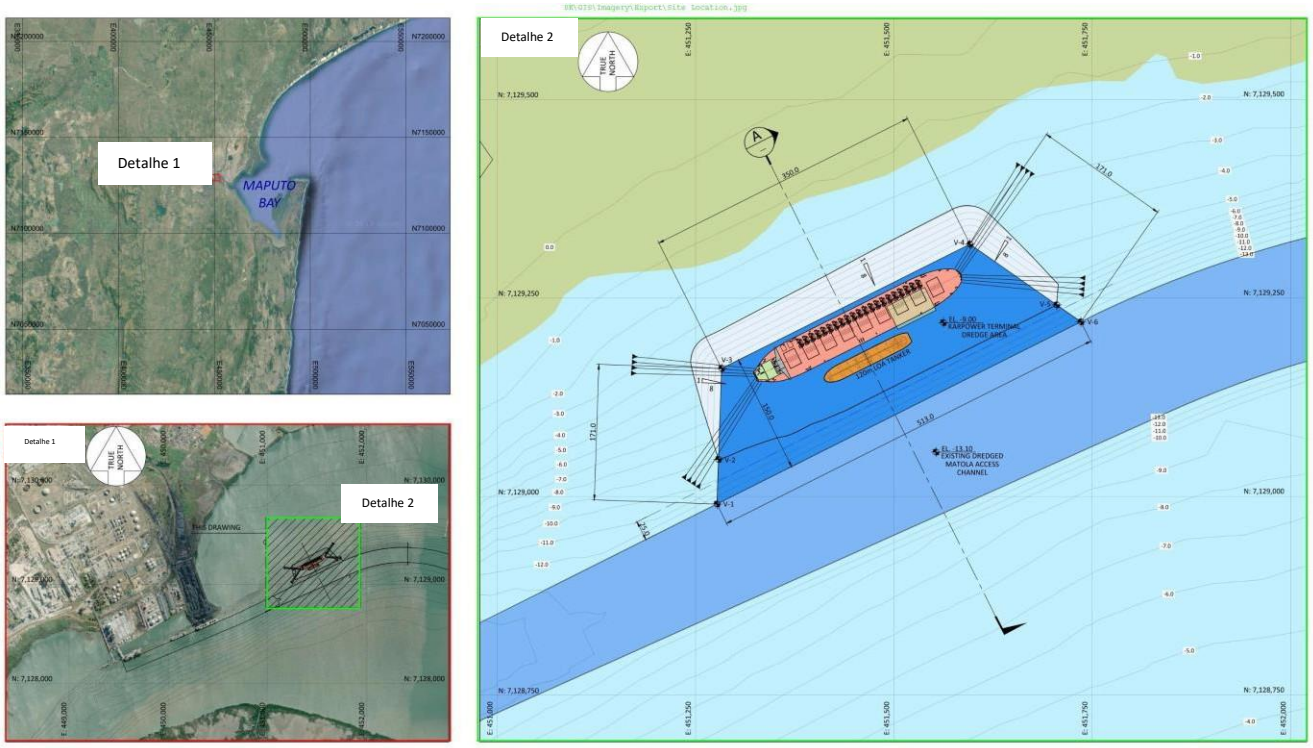


Figura 1-1: Localização e configuração do terminal Karpowership proposto para Matola.

(Adaptado do desenho PRDW ref. S2137-6-DR-CE-102-B).

A PRDW foi contratada pela Karpowership para simular a dispersão e a extensão da pluma de dragagem resultante da dragagem da bacia de acostagem do Powership na Matola e da deposição do material dragado num local de deposição na Baía de Maputo. Os resultados do modelo irão apoiar o estudo especializado em ecologia marinha a ser realizado pela Impacto.

1.2 Âmbito do trabalho

O âmbito do trabalho e a metodologia associada são descritos a seguir:

- O modelo tridimensional MIKE 3 Flow Flexible Mesh por DHI será utilizado para simular as correntes induzidas pelas marés e pelo vento.
- O modelo MIKE 21/3 de Transporte de Lamas será utilizado para modelar a aderência[1], dispersão, deposição e ressuspensão dos sedimentos finos resultantes das operações de dragagem, incluindo a dragagem da bacia de acostagem na Matola e a deposição do material dragado num local de deposição na Baía de Maputo..
- Apenas uma única opção de configuração do cais (isto é, área dragada/volume) será modelada.
- A duração total da operação de dragagem será modelada utilizando condições meteo-oceanográficas representativas (vento, ondas, marés e caudais fluviais).
- Na ausência de dados sobre a qualidade dos sedimentos, assume-se que os sedimentos a dragar não estão contaminados e a modelação avalia assim os impactos físicos da dragagem, ou seja, as concentrações de sedimentos em suspensão (CSS) na coluna de água e a espessura da deposição de sedimentos no fundo do mar.
- Os resultados serão fornecidos num relatório conciso que irá apoiar o estudo especializado em ecologia marinha.

1.3 Estrutura do relatório

A configuração do modelo hidrodinâmico 3D é discutida na Secção 2. A configuração e os resultados do modelo de pluma de dragagem são apresentados na Secção 3. As conclusões e recomendações são apresentadas na Secção 5 com uma lista de referências na Secção 6.

[1] [Meteorologia] Deslocação de uma massa de ar no sentido horizontal.

2. MODELAÇÃO HIDRODINÂMICA

2.1 Introdução

Esta secção descreve a modelação hidrodinâmica regional realizada para simular as correntes no Estuário do Espírito Santo e na Baía de Maputo, que são predominantemente geradas pelas marés e pelo vento. Estas correntes foram utilizadas para forçar o modelo de pluma de dragagem. Esta secção inclui a validação dos dados do vento, a calibração do modelo hidrodinâmico e a selecção de períodos de modelação representativos.

2.2 Descrição do modelo

A modelação hidrodinâmica foi realizada utilizando o modelo tridimensional MIKE 3 Flow Flexible Mesh. A aplicação do modelo está descrita no Manual do Utilizador (DHI, 2023a), enquanto os detalhes completos dos processos físicos que estão a ser simulados e as técnicas de solução numérica são descritos na Documentação Científica (DHI, 2023b).

O modelo baseia-se na solução numérica das equações tridimensionais incompressíveis de Navier–Stokes com médias de Reynolds invocando os pressupostos de Boussinesq e da pressão hidrostática. O modelo é constituído pelas equações de continuidade, momento, temperatura, salinidade e densidade, sendo fechado por um esquema de fecho de turbulência vertical k-ε. A viscosidade turbulenta horizontal é modelada através da formulação de Smagorinsky.

A integração temporal das equações de água pouco profundas e das equações de transporte é realizada utilizando um esquema semi-implícito, em que os termos horizontais são tratados explicitamente e os termos verticais são tratados implicitamente. Na direcção vertical é utilizada uma malha estruturada, baseada numa transformação por coordenadas sigma, enquanto no plano horizontal é explorada a flexibilidade geométrica da malha flexível não estruturada, composta por triângulos ou rectângulos.

O modelo MIKE 3 Flow Flexible Mesh inclui os seguintes fenómenos físicos neste projecto:

- Correntes devido às marés;
- Correntes devido ao stress do vento na superfície da água;
- Força de Coriolis;
- Fricção de fundo; e
- Inundação e secagem.

O modelo hidrodinâmico foi acoplado a um modelo de ondas de modo a que a contribuição das ondas para as tensões de cisalhamento no fundo pudesse ser incorporada na modelação da pluma de dragagem. Esta é uma importante força contribuinte que, juntamente com as correntes, governa a deposição e ressuspensão dos sedimentos. O modelo MIKE 21 Spectral Waves (SW) Flexible Mesh foi utilizado para este fim. A aplicação do modelo está descrita no Manual do Utilizador (DHI, 2023c), enquanto os detalhes completos dos processos físicos que estão a ser simulados e as técnicas de solução numérica estão descritos na Documentação Científica (DHI, 2023d).

O modelo simula o crescimento, a dissipação e a transformação das ondas geradas pelo vento e a ondulação em zonas offshore e costeiras utilizando malhas não estruturadas. Neste estudo, o modelo foi executado na formulação espectral completa não estacionária.

O modelo inclui os seguintes fenómenos físicos:

- Geração de ondas pelo vento;
- Dissipação devido à rebentação de crista;
- Dissipação devido ao atrito com o fundo;
- Transferência não linear de energia por interacção de ondas quádruplas;
- Dissipação devido à quebra de onda induzida pela profundidade;
- Refracção e empolamento devido a variações de profundidade; e
- O efeito da variação temporal dos níveis de água, incluindo a secagem e a inundação.

2.3 Configuração do modelo

2.3.1 Malha e batimetria

O sistema de coordenadas WGS84 UTM36S foi utilizado para este estudo. Todas as parcelas espaciais incluem eixos x e y mostrando as coordenadas x e y em metros no sistema WGS84 UTM36S. O norte verdadeiro está sempre a apontar para cima. Os níveis do fundo marinho e da água neste estudo são relativos ao Chart Datum (CD) em Maputo, que está 2,0 m abaixo do nível médio do mar (MSL).

A batimetria e a malha utilizada no modelo hidrodinâmico são apresentadas nas figuras 2-1 e 2-2 respectivamente A malha estende-se 100 km de sul a norte e segue aproximadamente o contorno da batimetria -200 m CD ao longo da fronteira offshore. A malha horizontal compreende triângulos com uma resolução que varia entre aproximadamente 2,0 km perto da fronteira marítima até aproximadamente 40 m na instalação proposta para o projecto. Foram utilizados elementos quadrangulares nos limites do modelo, rios ou canais e ao longo dos contornos do cais dragado do terminal do Karpowership. A malha vertical compreendia cinco camadas sigma com espessuras de camadas iguais.

Os dados batimétricos e topográficos foram obtidos a partir de uma combinação da Base de Dados de Gráficos Electrónicos CMAP por DHI A/S (DHI, 2023e), cartas náuticas, levantamentos de canais disponíveis e dados topográficos da Missão de Topografia de Radar Shuttle (SRTM, 2020).

Onde os levantamentos se sobrepõem, foi aplicado o levantamento mais recente. A área de dragagem planeada para o terminal (ver figura 1-1) foi também incluída na batimetria.

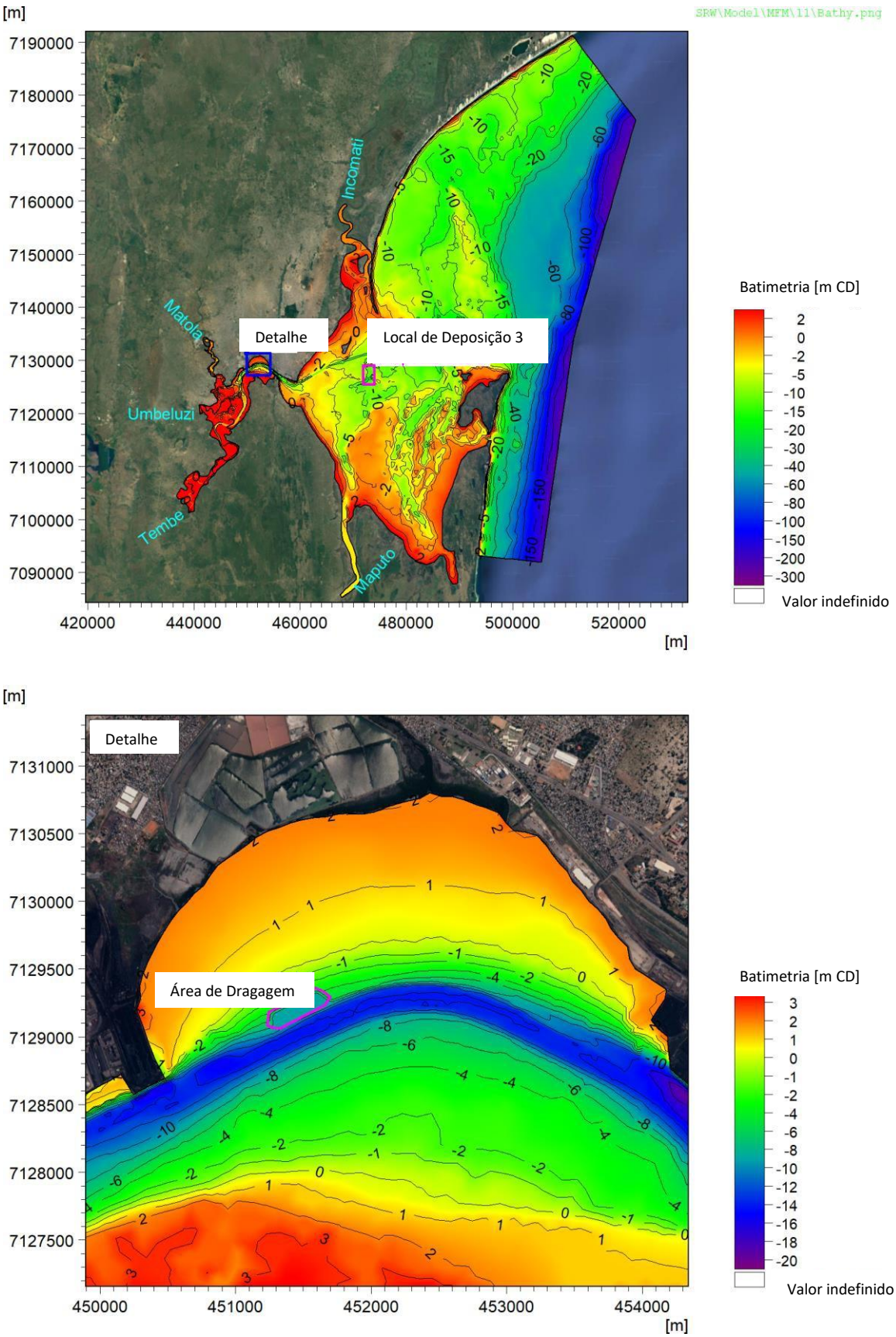


Figura 2-1: Batimetria utilizada no modelo hidrodinâmico.

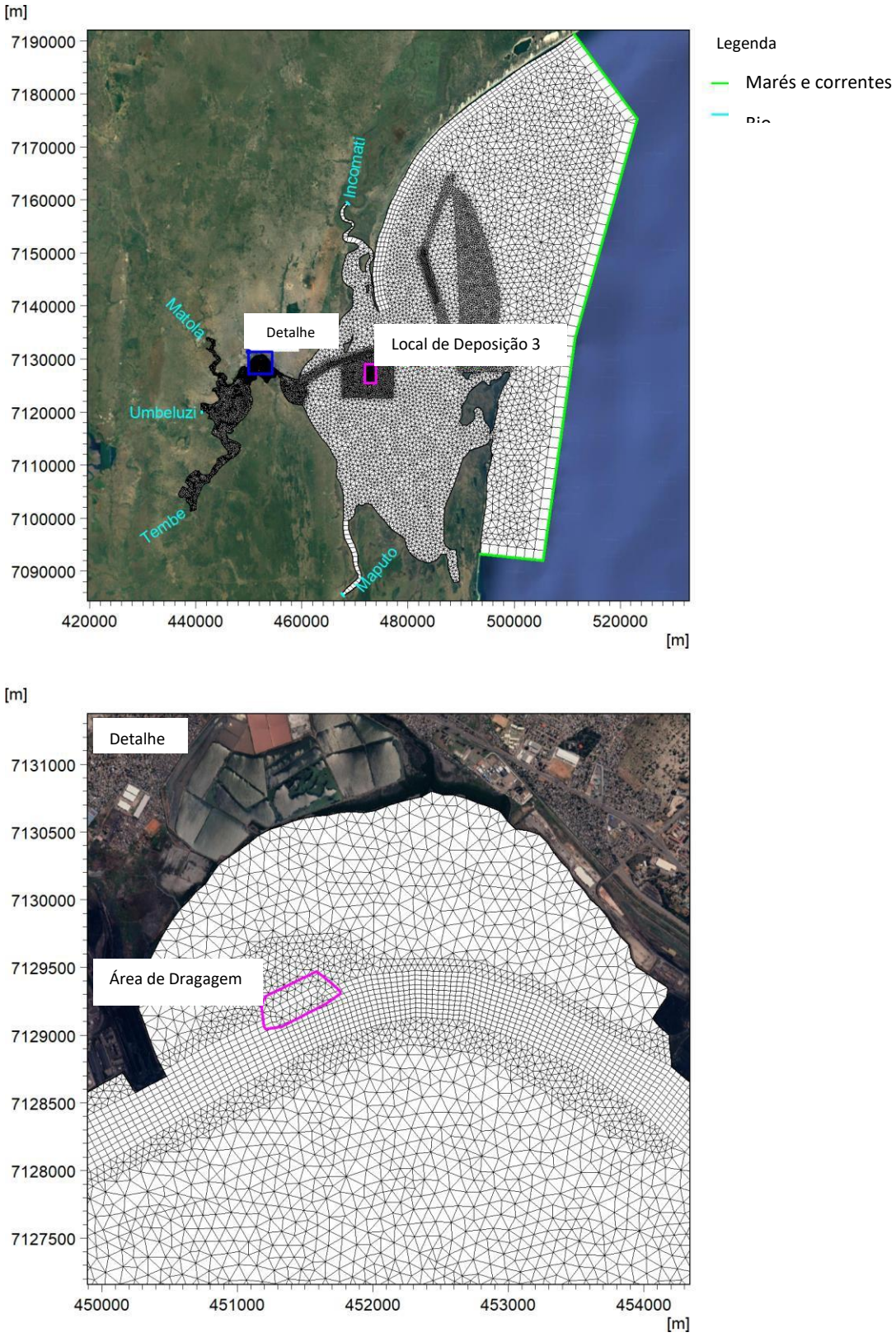


Figura 2-2: Malha utilizada no modelo hidrodinâmico. As correntes e alturas de maré previstas foram aplicadas ao longo do limite aberto do mar (verde) e as descargas médias mensais dos rios Incomati, Maputo e Umbeluzi foram aplicadas nos limites do modelo a montante (ciano).

2.3.2 Vento

É preferível que se aplique ao modelo uma força de vento equidistante e espacialmente variável para melhor captar quaisquer variações espaciais no campo do vento. Os dados retrospectivos relativos ao vento estavam disponíveis no Centro Europeu de Previsões Meteorológicas a Médio Prazo (ECMWF) modelo retrospectivo ERA5 (ECMWF, 2020). O conjunto de dados retrospectivos seleccionado contém 42 anos (1979 a 2020) de dados de vento espacialmente variáveis, disponíveis numa grelha de 0,25° × 0,25°.

A Figura 2-3 mostra um diagrama vectorial instantâneo dos dados retrospectivos de vento do ECMWF para Maputo, e a Figura 2-4 apresenta uma rosa dos ventos com base nos dados de vento extraídos do ponto de saída mais próximo de Matola. Note-se que, por convenção, a direcção do vento corresponde à direcção de onde o vento sopra, medida no sentido dos ponteiros do relógio a partir do norte verdadeiro.

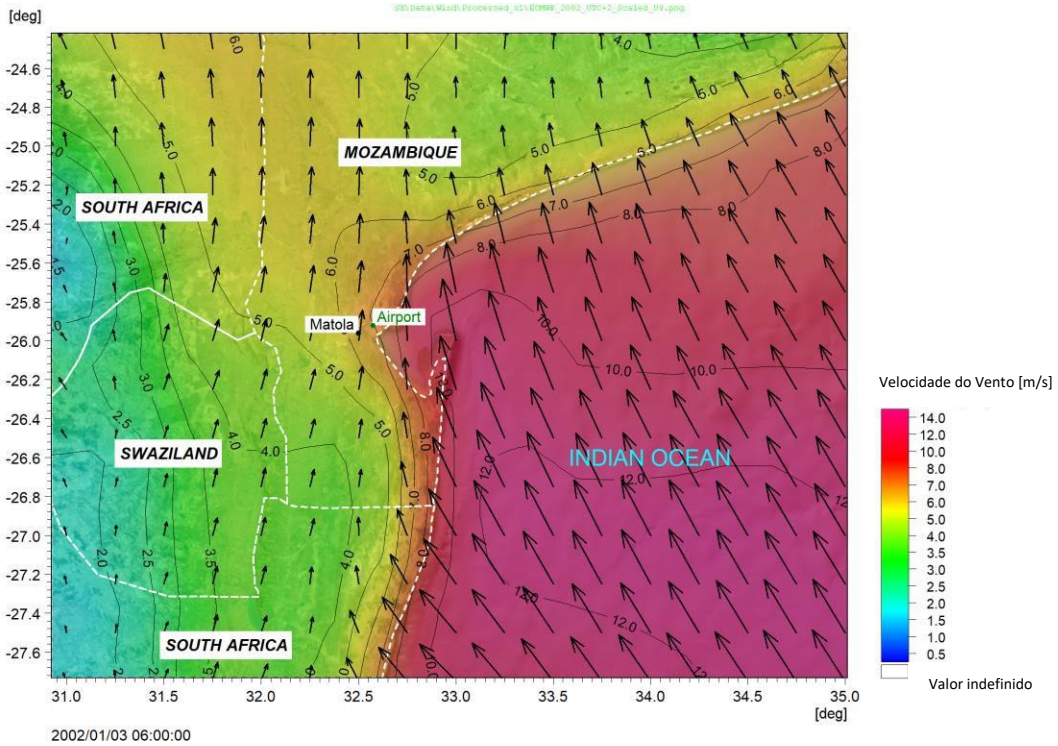


Figura 2-3: Diagrama vectorial instantâneo dos dados retrospectivos de vento do ECMWF, mostrando a variação da velocidade e da direcção do vento sobre Maputo durante um evento de vento de sul em Matola.

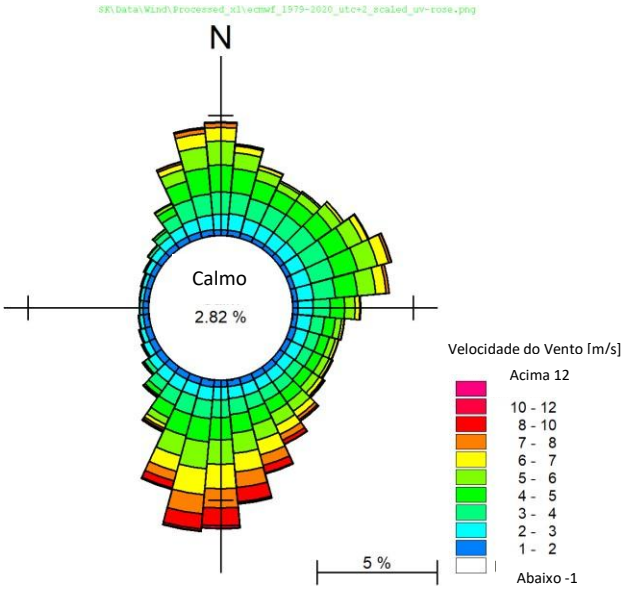


Figura 2-4: Rosa dos ventos dos dados retrospectivos de vento do ECMWF (1979–2020), extraídos do ponto de saída mais próximo da Matola.

Foi aplicada uma correcção aos dados com base numa comparação com as medições no Aeroporto de Maputo (457 198 m E, 7 133 012 m S, ver Figura 2-3). A Figura 2-5 abaixo apresenta o diagrama de dispersão e o gráfico quantil-quantil (Q-Q) dos dados medidos em comparação com o nó do ECMWF mais próximo do Aeroporto de Maputo.

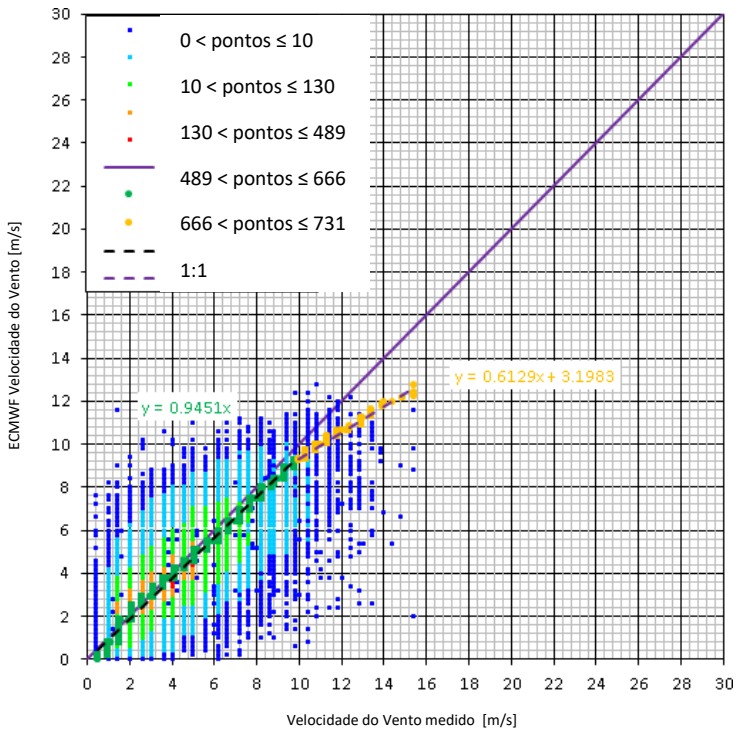


Figura 2-5: Gráfico Q-Q comparando a velocidade do vento medida com o nó do modelo retrospectivo mais próximo.

Com base na comparação, as velocidades do vento espacialmente variáveis do ECMWF foram ajustadas através de uma escala linear de duas partes, conforme apresentado a seguir:

$$\text{Velocidade do Vento}_{\text{ajustada}} = \begin{cases} \dfrac{\text{Velocidade do Vento}_{\text{bruta}}}{0.9451} & \text{Para Velocidade do Vento}_{\text{bruta}} < 9.6 \text{ m/s} \\ \dfrac{\text{Velocidade do Vento}_{\text{bruta}} - 3.1983}{0.6129} & \text{Para Velocidade do Vento}_{\text{bruta}} \geq 9.6 \text{ m/s} \end{cases} \quad \text{Eq 2-1}$$

Uma comparação da velocidade do vento resultante é mostrada na Figura 2-6.

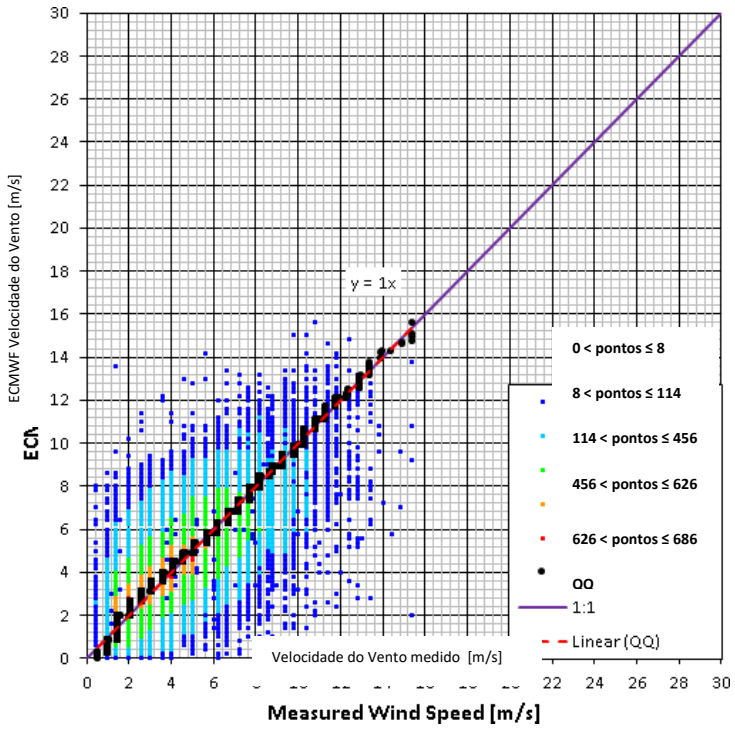


Figura 2-6: Gráfico Q-Q comparando a velocidade do vento medida com o nó do modelo retrospectivo ajustado.

2.3.3 Ondas

Os dados de ondas offshore retrospectivos foram obtidos a partir de dados globais de reanálise retrospectiva disponibilizados pelo Centros Nacionais de Previsão Ambiental (NCEP, 2012). Os dados fornecem informação de partição de ondas numa grelha geográfica de 1° × 1°, com intervalos horários, para o período de 1979 a 2009. Os dados de partição caracterizam os espectros bidimensionais de ondas através da identificação dos parâmetros das ondas (Hm_o, Tp, direção média das ondas e espalhamento direcional) para cada pico discreto do espectro de ondas 2D. Os dados de partição de ondas nos nós offshore retrospectivos mais próximos da área de interesse (34,0°E, 26,0°S) e (34,0°E, 27,0°S) foram utilizados para reconstituir os espectros completos de ondas 2D e aplicados na fronteira do modelo.

A Figura 2-7 apresenta as rosas de ondas em 34,0°E, 27,0°S e 34,0°E, 26,0°S para o período de 1979 a 2009. Note-se que, por convenção, a direção das ondas é definida como a direção de onde as ondas provêm. Os dados indicam que as maiores ondas provêm de sul-sudoeste. No entanto, existe também uma componente significativa de leste no clima de agitação marítima.

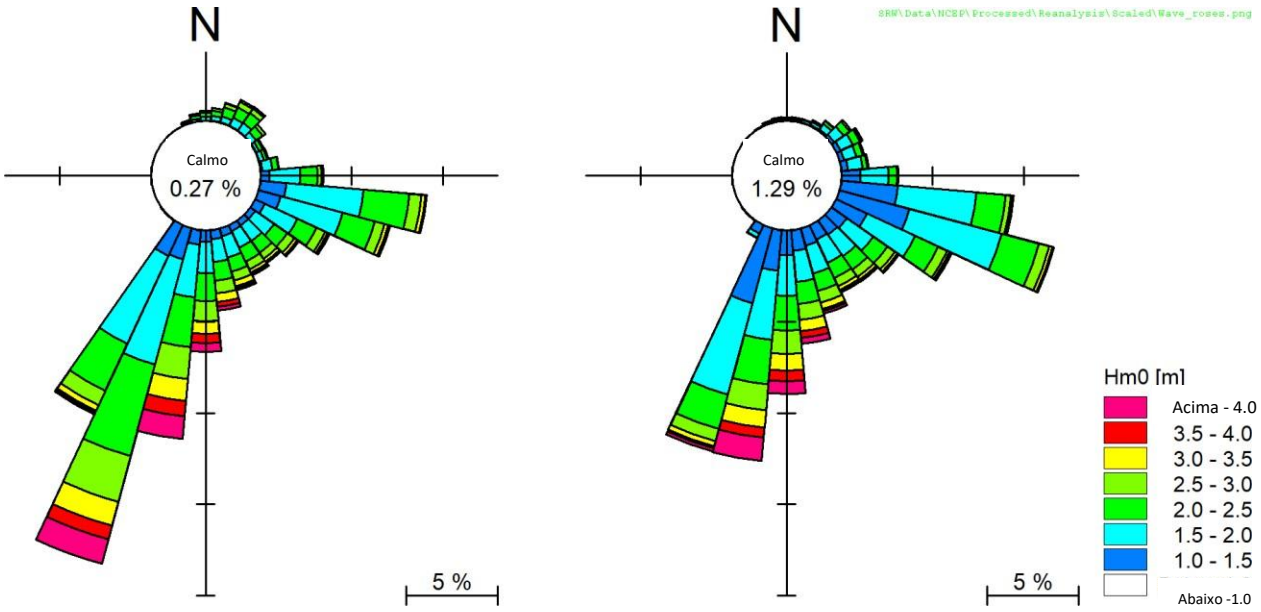


Figura 2-7: Rosas de ondas mensal NCEP a 34,0°E, 27,0°S (esquerda) e 34,0°E, 26,0°S (direita) de 1979 a 2009.

2.3.4 Marés

As correntes e alturas previstas da maré estão disponíveis no modelo de maré global DTU10 (DTU, 2010). O modelo de maré global inclui os principais constituintes da maré diurna (K1, O1, P1, Q1 e S1*), os constituintes da maré semi-diurna (M2, S2, N2 e K2) bem como os constituintes da maré (MM**, MF** e M4) com uma resolução espacial de 0,25° × 0,25° e 0,125° × 0,125° para as correntes e alturas respectivamente. Note-se que os constituintes indicados com um asterisco (*) estão disponíveis no modelo das alturas da maré enquanto os constituintes indicados com um asterisco duplo (**) estão disponíveis no modelo das correntes da maré.

As correntes e alturas de maré previstas foram aplicadas como condição de limite de espaço e tempo variáveis ao longo do limite de mar aberto (limite verde na Figura 2-2). Foram aplicadas correcções para a configuração do vento e força de Coriolis aos níveis de água prescritos ao longo dos limites laterais.

2.3.5 Rugosidade do Fundo

A rugosidade do fundo foi descrita por uma altura de rugosidade de 0,06 m.

2.3.6 Caudal Fluvial Afluente

Cinco rios desaguam com água doce na Baía de Maputo, nomeadamente o rio Incomati a Norte, os rios Umbeluzi, Tembe e Matola a Oeste (através do porto de Maputo), e o rio Maputo a Sul (ver Figura 2-1). Os rios Tembe e Matola são pequenos e contribuem pouco para as fontes de água doce.

O caudal médio mensal do rio com base em medições de longo prazo (1951-1990) está disponível em Saide (2000) para os três principais rios. Contudo, estes dados não são aplicáveis ao Rio Umbeluzi, uma vez que os caudais recentes foram significativamente reduzidos após a construção da barragem dos Pequenos Libombos, em 1987, aproximadamente 35 km a Oeste de Maputo. Portanto, o caudal médio mensal do rio Umbeluzi baseia-se em dados mais recentes da descarga da barragem para o período de 2004-2013 (FutureWater, 2014). Os caudais médios mensais dos rios estão resumidos na Tabela 2-1.

Tabela 2-1: Caudal médio mensal para os rios Incomati, Maputo e Umbeluzi.

Rio	Caudal médio mensal [m³/s]											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Incomati	156.6	262.7	172.1	99.2	60.6	40.3	29.3	21.8	17.6	33.5	45.9	112.4
Maputo	145.8	234.5	162.3	92.4	56.2	38.8	42.1	26.3	24.5	42.9	80.0	135.6
Umbeluzi	7.7	5.0	3.2	3.2	3.6	3.5	3.4	3.1	3.4	3.8	3.7	5.8

Os caudais médios mensais dos rios Incomati, Maputo e Umbeluzi foram aplicadas como caudais variáveis no tempo nos limites do modelo a montante (limites de ciano na Figura 2-2).

2.3.7 Dispersão Turbulenta Vertical

A viscosidade turbulenta vertical foi calculada utilizando o esquema de fecho de turbulência vertical k-ε, enquanto a dispersão turbulenta vertical foi definida como 0,1 vezes a viscosidade turbulenta vertical no interior da baía. Este fator de escala foi aplicado para compensar a mistura vertical adicional resultante da utilização de apenas cinco camadas verticais..

2.4 Calibração de Modelos

O modelo foi configurado, excluindo a área prevista de dragagem do terminal, e calibrado com base nas medições disponíveis de correntes e níveis de água:

- Profundidade média das correntes em:
  - M01 (468 142 m E, 7 129 427 m S), disponível de 17 de Janeiro de 2004 a 15 de Março de 2004.
  - M05 (487 843 m E, 7 131 520 m S), disponível de 17 de Janeiro de 2004 a 25 de Maio de 2004.
  - Níveis de água no cais de carvão da Matola (450 423 m E, 7 128 581 m S) para o período de 19 de Agosto de 2013 a 28 de Setembro de 2015.

Os locais das medições são mostrados na Figura 2-8.

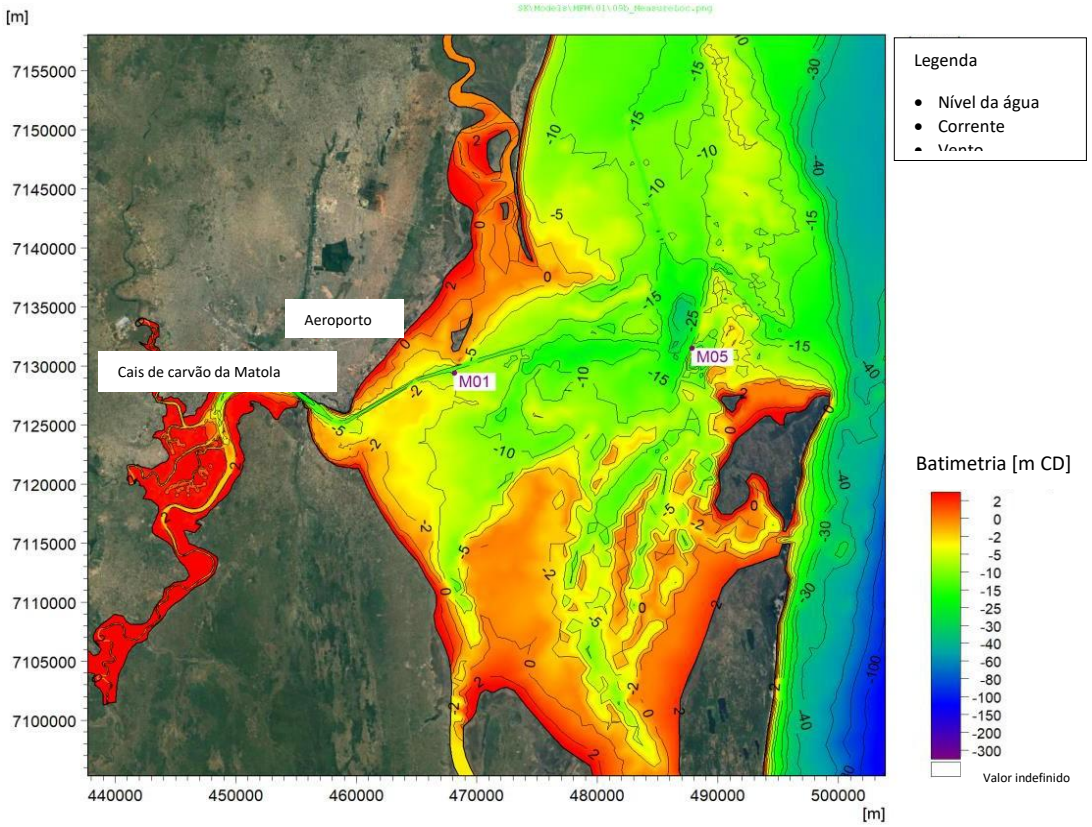


Figura 2-8: Localização das medições disponíveis.

A figura 2-9 apresenta uma comparação em série temporal dos níveis de água modelados e medidos no cais de carvão da Matola para o período de 19 de Agosto de 2013 a 28 de Setembro de 2015.

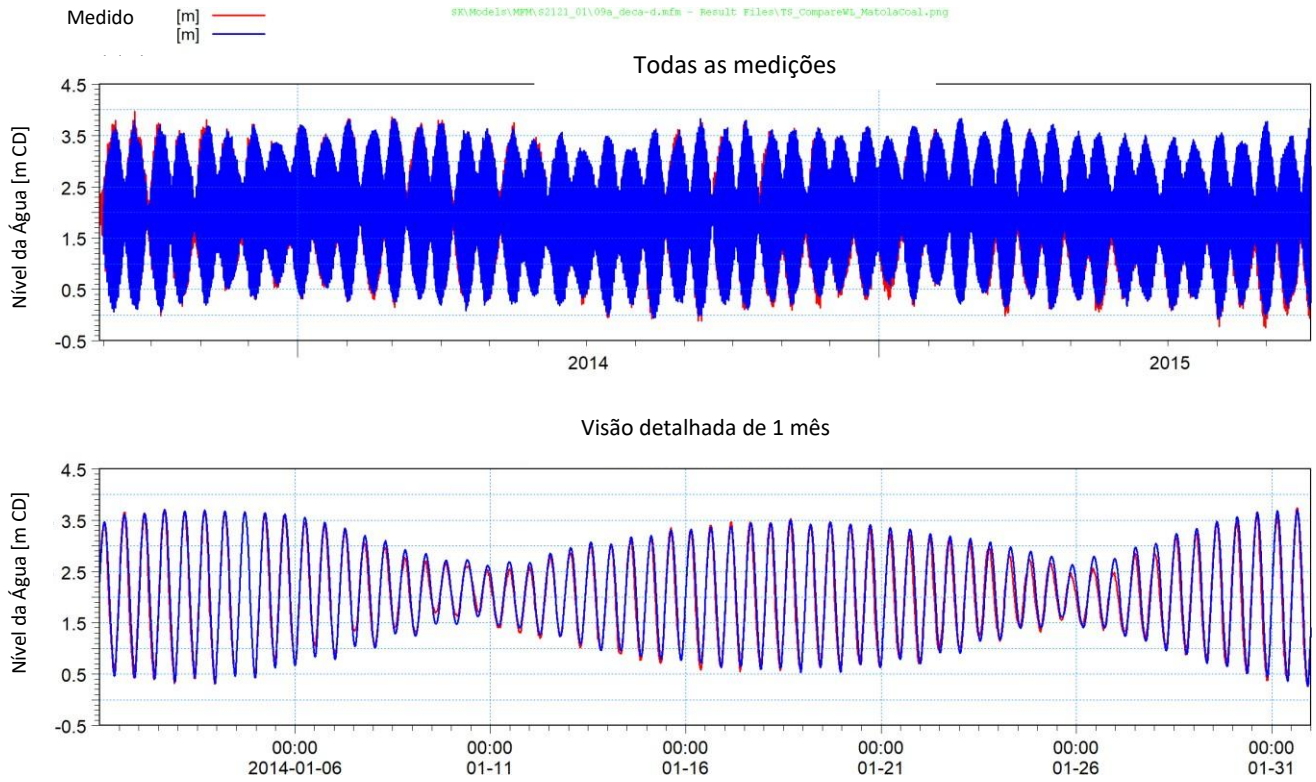


Figura 2-9: Série temporal de níveis de água medidos e modelados no cais de carvão da Matola, vista detalhada.

Os resultados indicam uma boa concordância entre os níveis de água modelados e medidos no cais de carvão da Matola.

Séries temporais, gráficos de percentis e diagramas de rosa das correntes simuladas pelo modelo e medidas, tanto junto à superfície como junto ao fundo, no ponto M01, são apresentados respetivamente nas Figuras 2-10, 2-12 e 2-14. Uma comparação semelhante é apresentada nas Figuras 2-11, 2-13 e 2-15 para as correntes no ponto M05. Note-se que, por convenção, a direção da corrente corresponde à direção para a qual a corrente se desloca, sendo medida no sentido dos ponteiros do relógio a partir do norte verdadeiro.

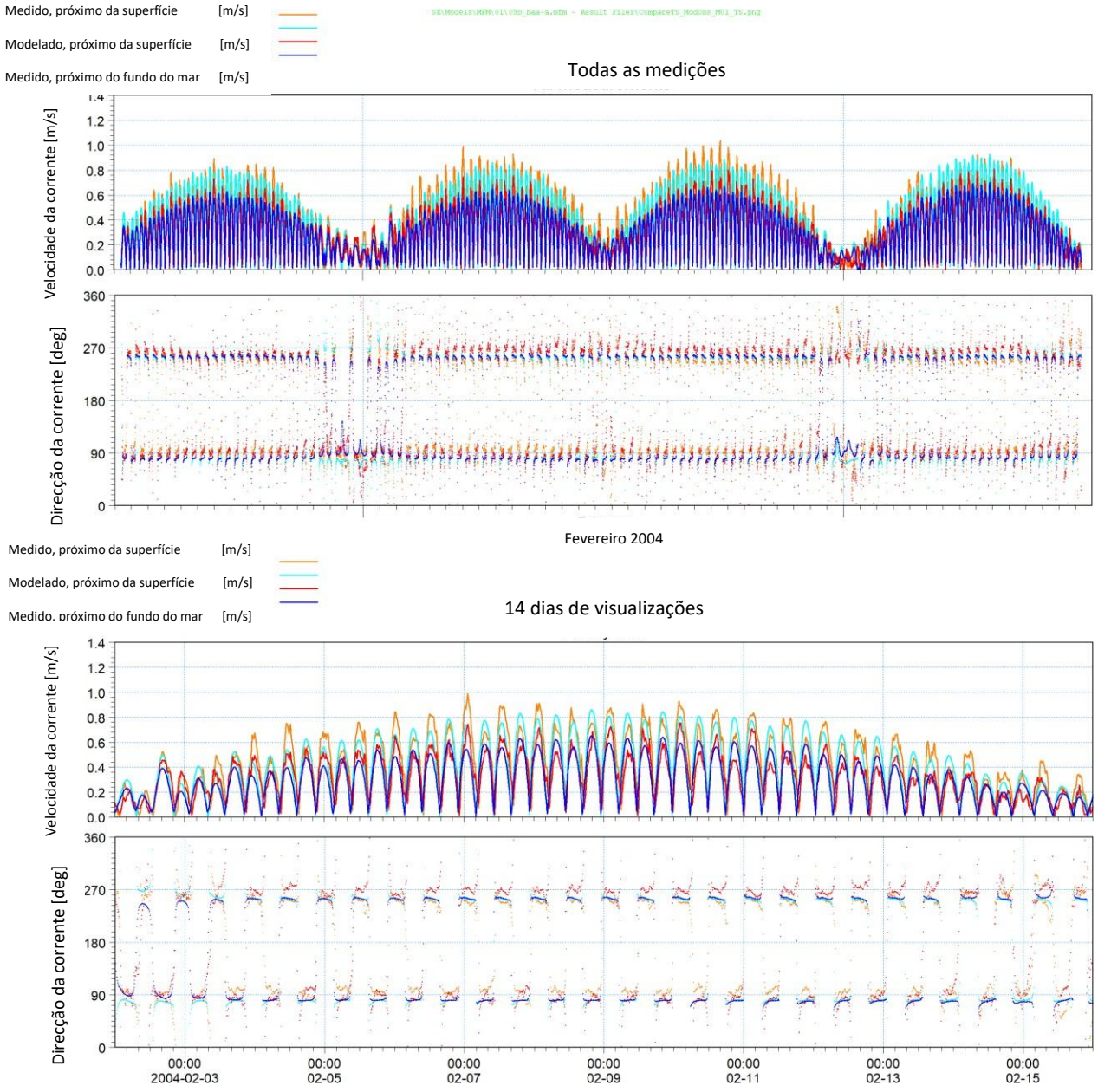


Figura 2-10: M01; comparação de séries temporais de correntes medidas e modeladas.

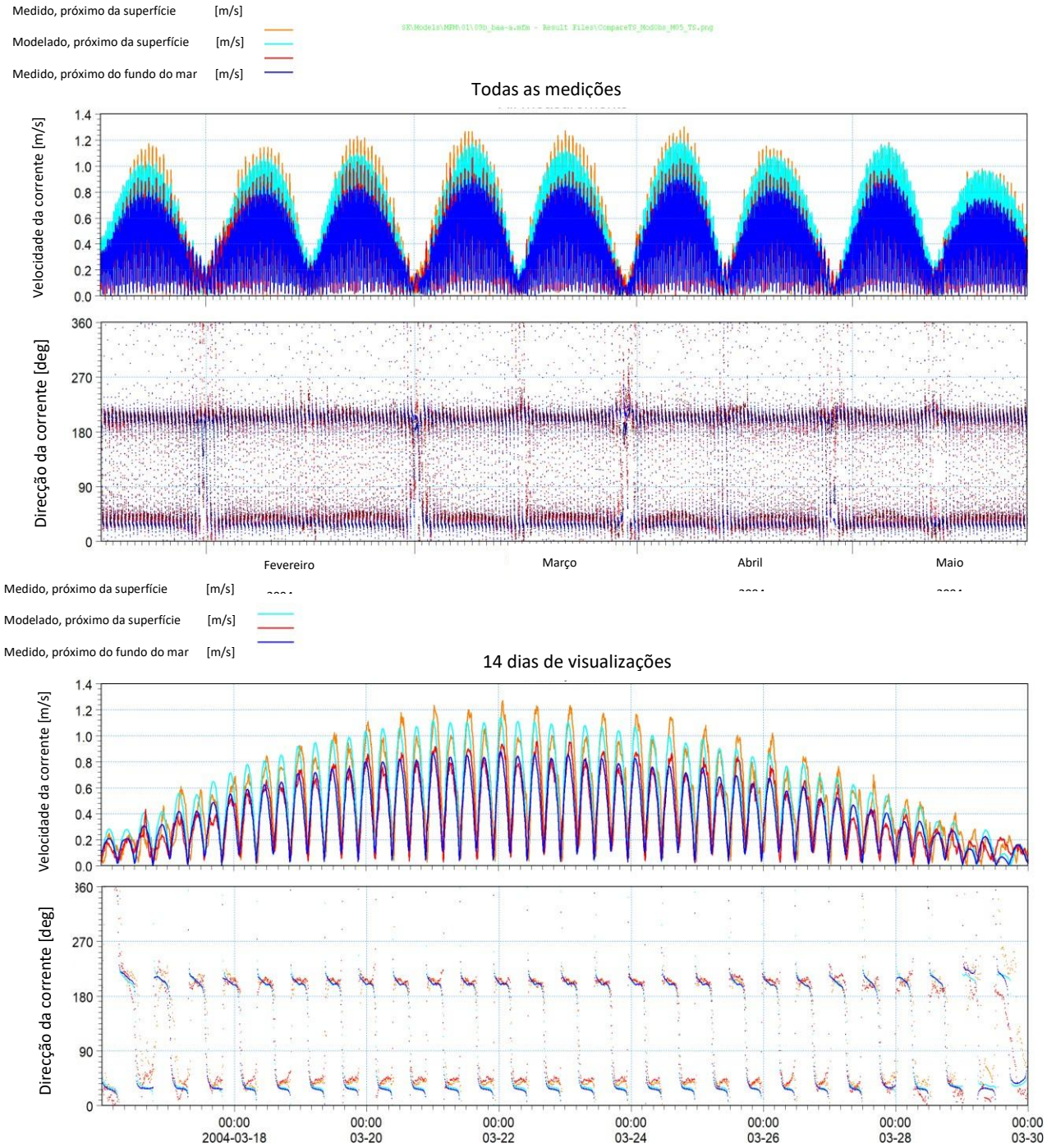
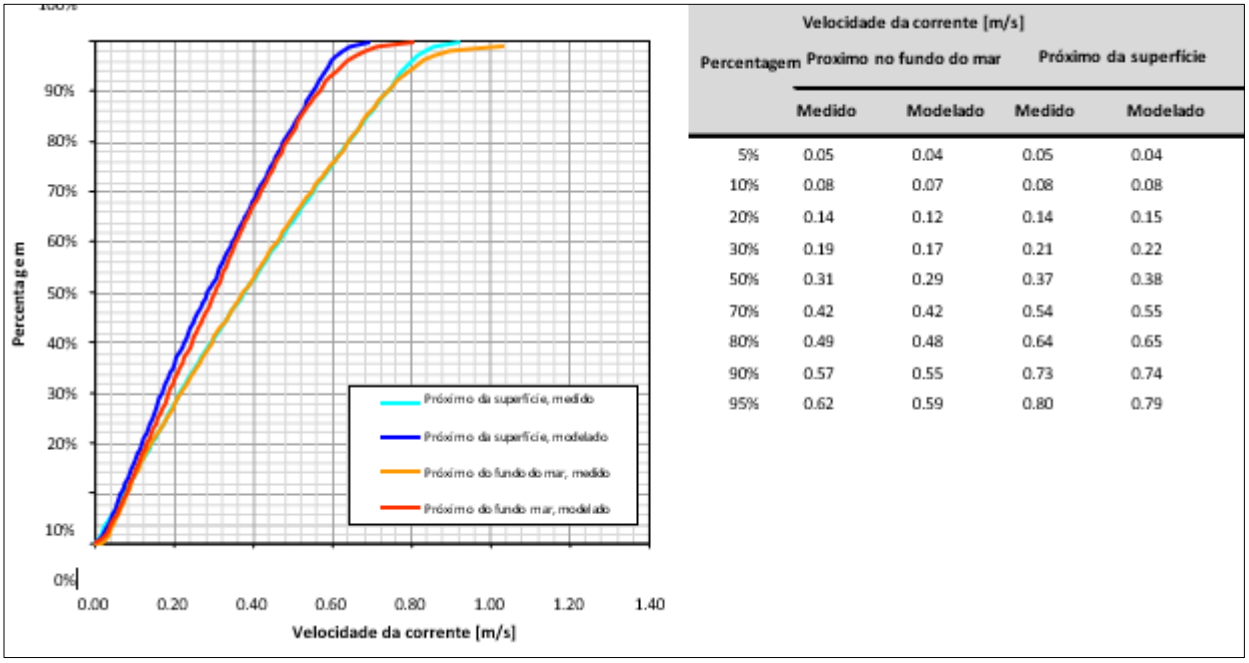
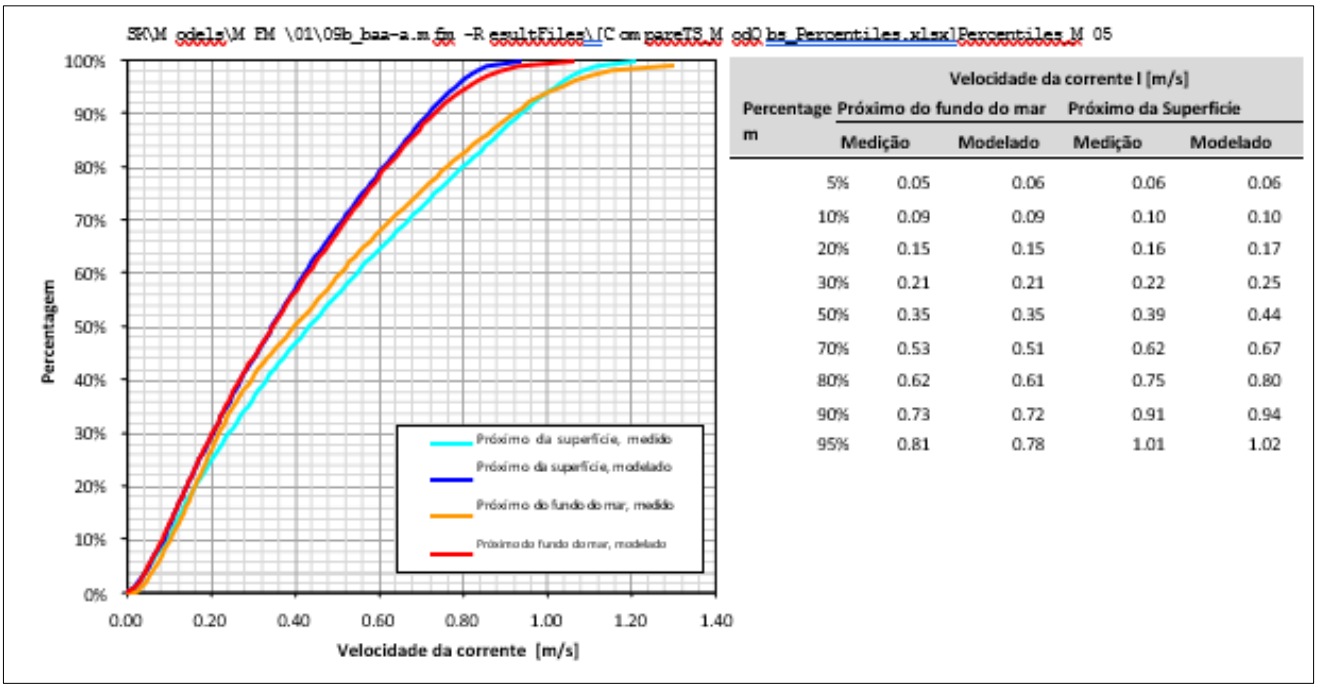


Figura 2-11: M05; comparação das correntes medidas e modeladas em série temporal.



Percentagem	Velocidade da corrente [m/s]			
	Proximo no fundo do mar		Próximo da superfície	
	Medido	Modelado	Medido	Modelado
5%	0.05	0.04	0.05	0.04
10%	0.08	0.07	0.08	0.08
20%	0.14	0.12	0.14	0.15
30%	0.19	0.17	0.21	0.22
50%	0.31	0.29	0.37	0.38
70%	0.42	0.42	0.54	0.55
80%	0.49	0.48	0.64	0.65
90%	0.57	0.55	0.73	0.74
95%	0.62	0.59	0.80	0.79

Figura 2-12: M01; Comparação percentual das velocidades de corrente medidas e modeladas para o período de 17 de Janeiro de 2004 a 15 de Março de 2004.



Percentagem	Velocidade da corrente l [m/s]			
	Próximo do fundo do mar		Próximo da Superficie	
	Medição	Modelado	Medição	Modelado
5%	0.05	0.06	0.06	0.06
10%	0.09	0.09	0.10	0.10
20%	0.15	0.15	0.16	0.17
30%	0.21	0.21	0.22	0.25
50%	0.35	0.35	0.39	0.44
70%	0.53	0.51	0.62	0.67
80%	0.62	0.61	0.75	0.80
90%	0.73	0.72	0.91	0.94
95%	0.81	0.78	1.01	1.02

Figura 2-13: M05; Comparação percentual das velocidades de corrente medidas e modeladas para o período de 17 de Janeiro de 2004 a 25 de Maio de 2004.

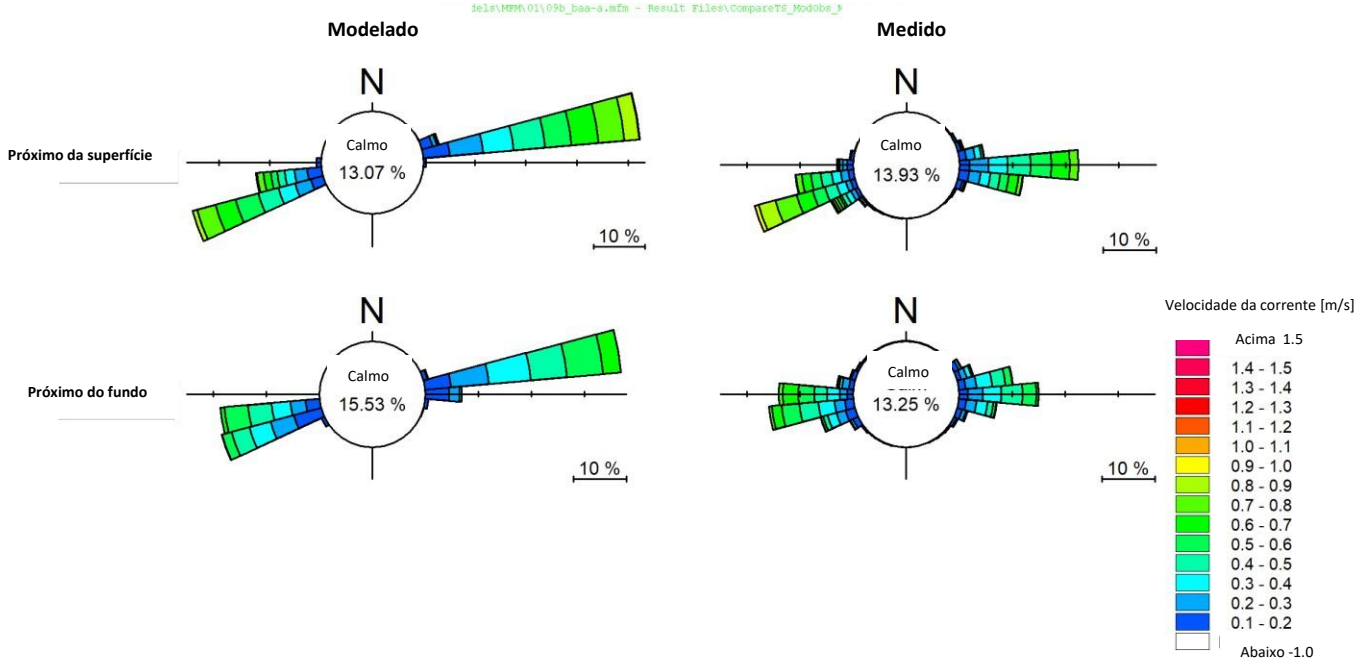


Figura 2-14: M01; Comparação da corrente ascendente medida e modelada de correntes medidas e próximas da superfície (superior) e próximas do fundo do mar (inferior) para o período de 17 de Janeiro de 2004 a 15 de Março de 2004.

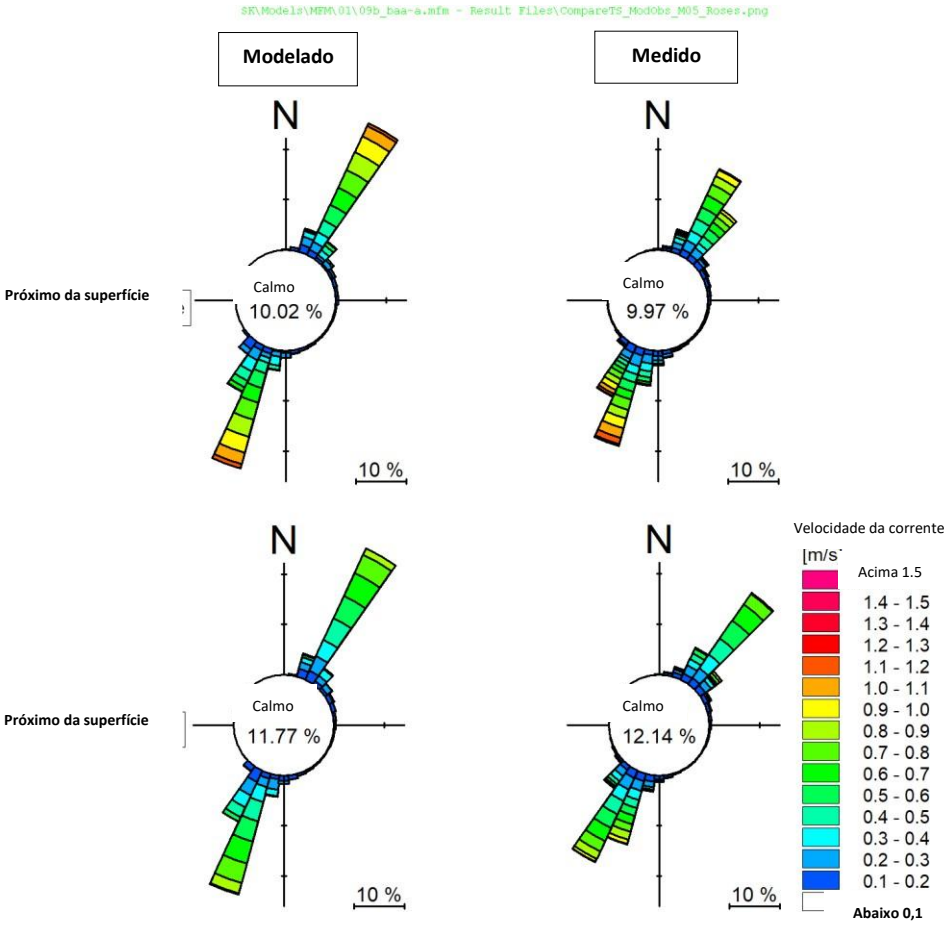


Figura 2-15: M05; Comparação da corrente ascendente medida e modelada de correntes medidas e próximas da superfície (superior) e próximas do fundo do mar (inferior) para o período de 17 de Janeiro de 2004 a 25 de Maio de 2004.

Os resultados mostram uma boa correlação entre correntes modeladas e medidas, embora tenha sido observada alguma assimetria de maré nas medidas (ou seja, correntes de vazante mais fortes, correntes de enchente mais fracas) a qual foi menos pronunciado no modelo. De um modo geral, as velocidades e direções das correntes simuladas pelo modelo apresentam boa concordância com as medições em ambos os locais e, por esse motivo, o modelo, em conjunto com a comparação dos níveis de água, é considerado suficientemente calibrado para este estudo.

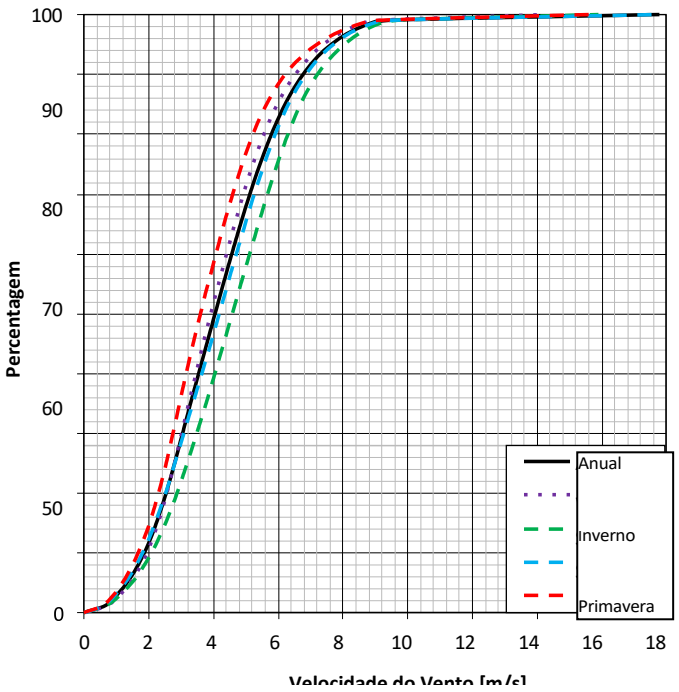
2.5 Selecção do período de modelação

A modelação da pluma de dragagem apresentada na Secção 3 exigiu que as correntes, ondas e níveis de água fossem simulados no modelo hidrodinâmico. O período de modelação abrangeu a duração total da dragagem, de 24 dias, acrescida de 60 dias adicionais para permitir a deposição dos sedimentos em suspensão (consultar a Secção 3.3.8).

Para assegurar que o período seleccionado é representativo das condições médias, é necessário dispor de um conjunto de dados de longa duração que permita analisar a variabilidade interanual. O conjunto de dados ECMWF (discutido na Secção 2.3.2) que cobre um período de 42 anos entre 1979 e 2020 foi utilizado para a comparação.

Foi necessário selecionar um período representativo de três meses de condições hidrodinâmicas para a modelação das plumas de dragagem. As condições de agitação marítima nas áreas de dragagem e de deposição são dominadas por ondas geradas localmente pelo vento, as quais são consideradas na seleção do período de vento. Os caudais fluviais ao longo dos períodos húmido e seco têm muito pouco impacto nas velocidades das correntes nas áreas de dragagem e deposição. Assim, a seleção do período de modelação baseou-se nas condições de vento.

A Figura 2-16 apresenta curvas de excedência anuais e sazonais da velocidade do vento para o período de 1979 a 2020, para o nó mais próximo da área de dragagem.

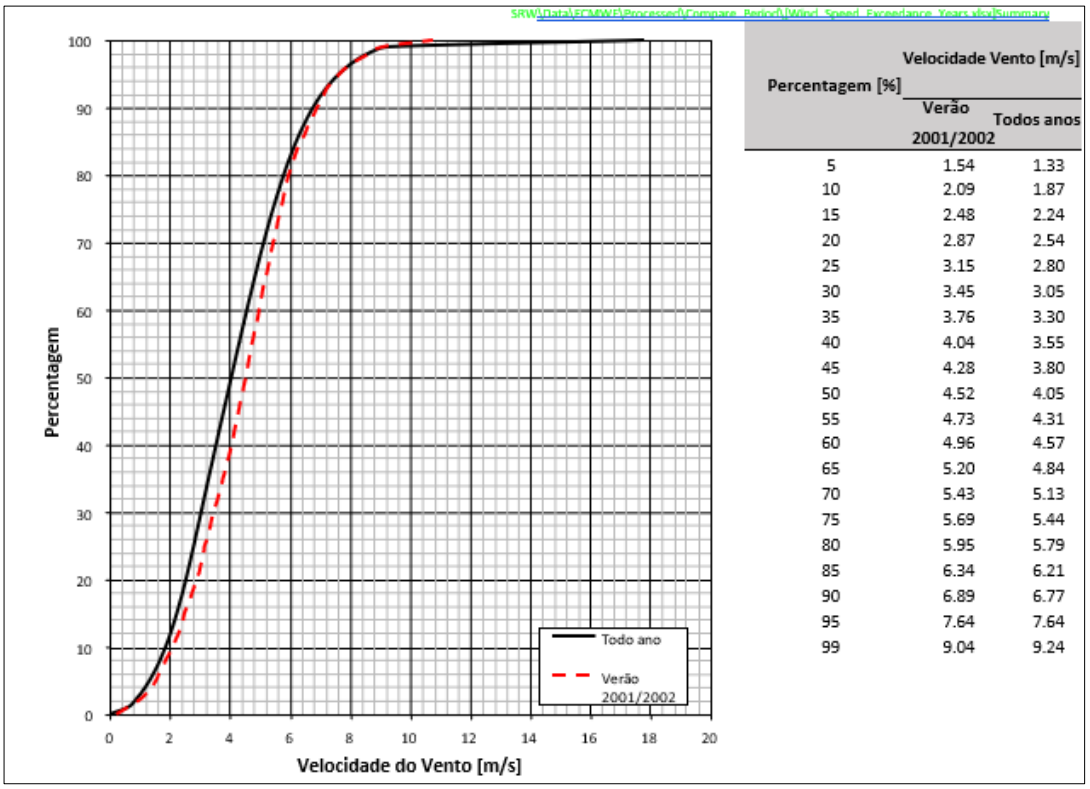


ta\ECMWF\Processed\Compare_Period\[Wind_Speed_Exceedance_Seasons.xlsx]Summary

Percentagem	Velocidade do Vento [m/s]				
[%]					
5	1.44	1.50	1.27	1.20	1.33
10	1.96	2.10	1.81	1.68	1.87
15	2.30	2.54	2.20	2.04	2.24
20	2.57	2.89	2.52	2.31	2.54
25	2.81	3.20	2.80	2.55	2.80
30	3.03	3.50	3.08	2.76	3.05
35	3.24	3.79	3.36	2.96	3.30
40	3.47	4.06	3.64	3.16	3.55
45	3.69	4.33	3.91	3.38	3.80
50	3.92	4.60	4.18	3.61	4.05
55	4.17	4.86	4.44	3.84	4.31
60	4.41	5.13	4.71	4.08	4.57
65	4.67	5.40	4.98	4.33	4.84
70	4.93	5.68	5.26	4.60	5.13
75	5.23	5.98	5.57	4.89	5.44
80	5.57	6.32	5.90	5.22	5.79
85	5.98	6.70	6.31	5.64	6.21
90	6.54	7.22	6.86	6.22	6.77
95	7.39	8.05	7.70	7.19	7.64
99	9.00	9.53	9.33	9.00	9.24
100	14.28	15.90	17.77	15.59	17.77

Figura 2-16: Curvas de excedência da velocidade do vento em Maputo de 1979 a 2020.

A figura 2-16 acima mostra que o Verão (Dez a Fev) é representativo da condição anual, e foi seleccionada uma estação de Verão representativa. A figura 2-17 apresenta curvas de excedência para Dezembro de 2001 a Fevereiro 2002 e todo o conjunto de dados. A figura 2-18 apresenta as rosas do vento para os mesmos conjuntos de dados.



Percentagem [%]	Velocidade Vento [m/s] Verão 2001/2002	Todos anos
5	1.54	1.33
10	2.09	1.87
15	2.48	2.24
20	2.87	2.54
25	3.15	2.80
30	3.45	3.05
35	3.76	3.30
40	4.04	3.55
45	4.28	3.80
50	4.52	4.05
55	4.73	4.31
60	4.96	4.57
65	5.20	4.84
70	5.43	5.13
75	5.69	5.44
80	5.95	5.79
85	6.34	6.21
90	6.89	6.77
95	7.64	7.64
99	9.04	9.24

Figura 2-17: Comparação dos percentis de velocidade do vento: 2002 vs todos os dados (1979-2020) no conjunto de dados do ECMWF.

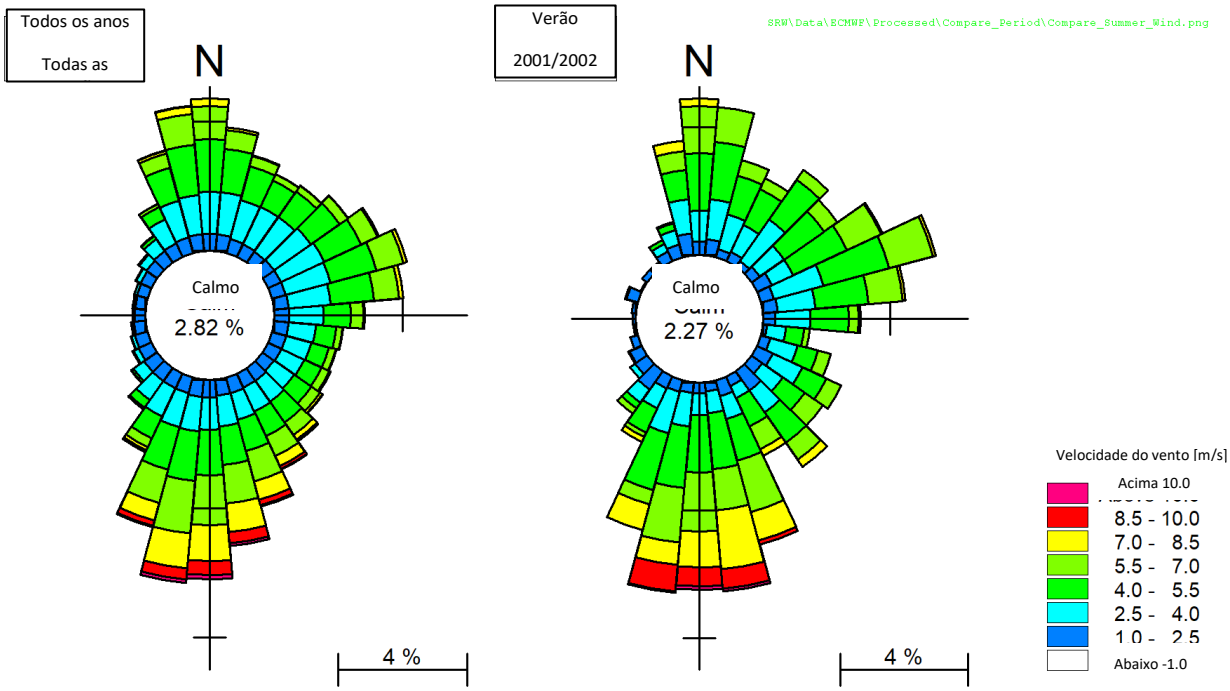


Figura 2-18: Comparação de rosas do vento: Verão 2001/2002 vs todos os dados (1979-2020) no conjunto de dados do ECMWF.

Os números indicam que as velocidades e direcções do vento do Verão 2001/2002 são representativas das condições do vento durante um ano típico.

2.6 Resultados hidrodinâmicos

O modelo hidrodinâmico foi executado durante o período contínuo de Dezembro de 2001 a Fevereiro de 2002 para simular os níveis de água e correntes para entrada no modelo de pluma de dragagem.

Os gráficos vectoriais instantâneos indicando padrões típicos de correntes de profundidade média durante as marés cheia e vazia são apresentados na Figura 2-19 e na Figura 2-20. A figura 2-21 mostra as velocidades de corrente que foram excedidas 50% do tempo, calculadas ao longo dos 84 dias de simulação hidrodinâmica.

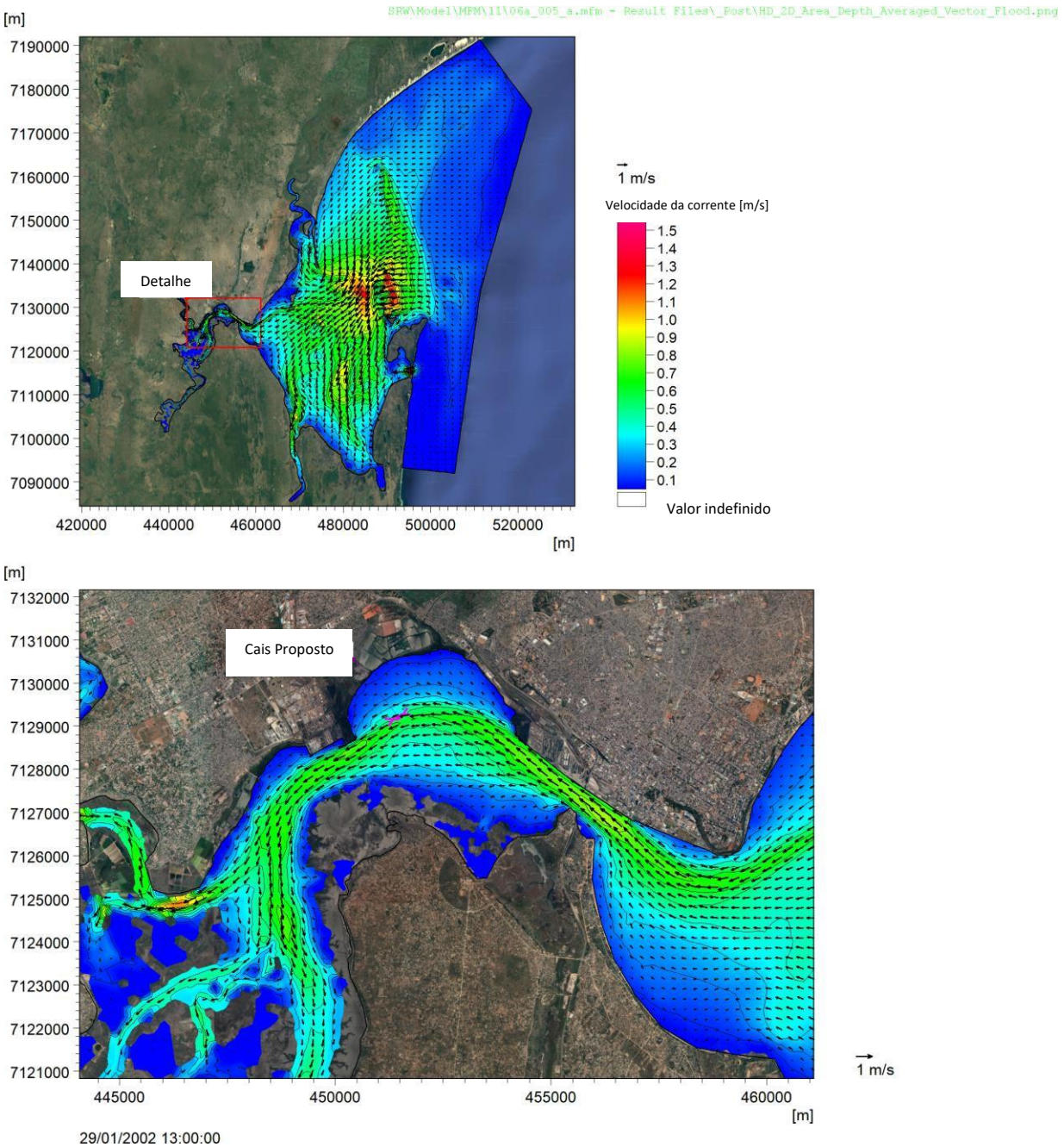


Figura 2-19: Traçado vectorial instantâneo mostrando correntes de profundidade média durante a maré cheia.

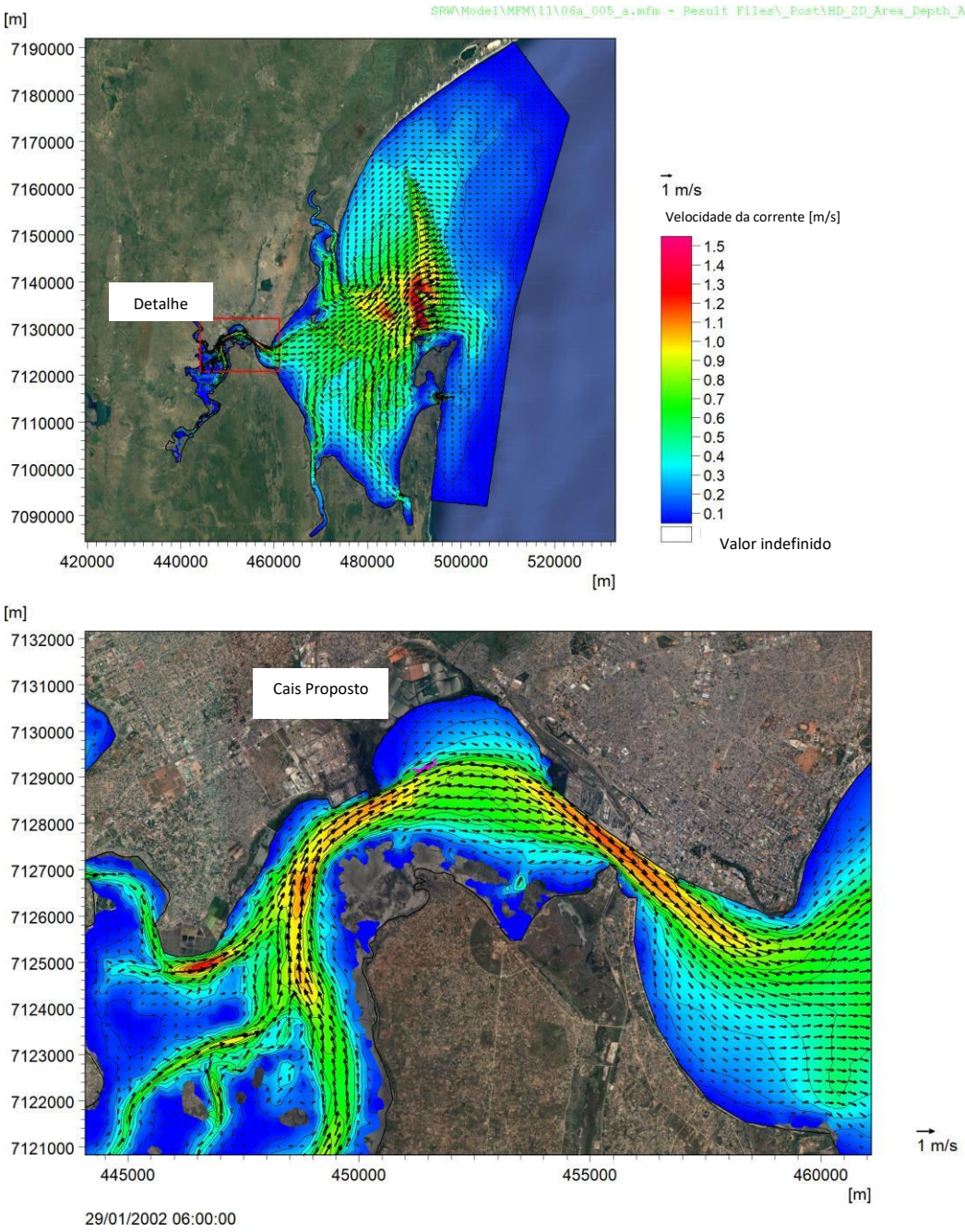


Figura 2-20: Traçado vectorial instantâneo mostrando correntes de profundidade média durante a maré vazia.

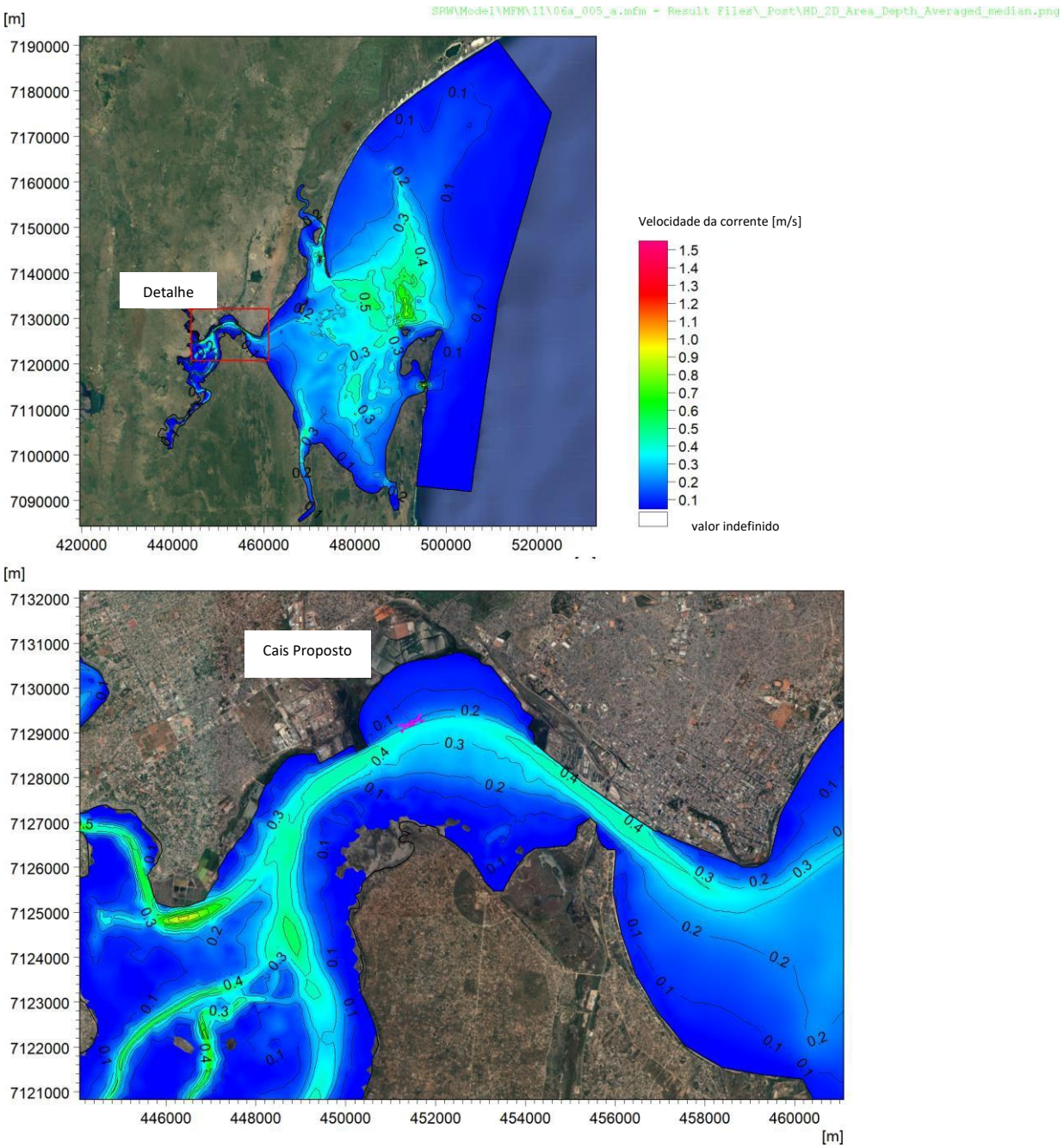


Figura 2-21: Velocidade de corrente média de profundidade do percentil 50.

As correntes ao longo do canal de aproximação e no cais são dominadas pela maré e são, portanto, altamente previsíveis. A velocidade média da corrente de profundidade no terminal excede 0,20 m/s (ou seja, as velocidades de corrente são mais fortes do que 0,20 m/s mais de 50% do tempo). Não houve provas significativas de que os caudais do Umbeluzi tenham afectado as correntes operacionais ou os níveis de água no local de desenvolvimento proposto.

A figura 2-22 apresenta um gráfico de refracção das ondas durante uma tempestade que mostra que as ondas de mar aberto não atingem a área de deposição e que as ondas geradas localmente pelo vento ocorrem na maior parte da baía.

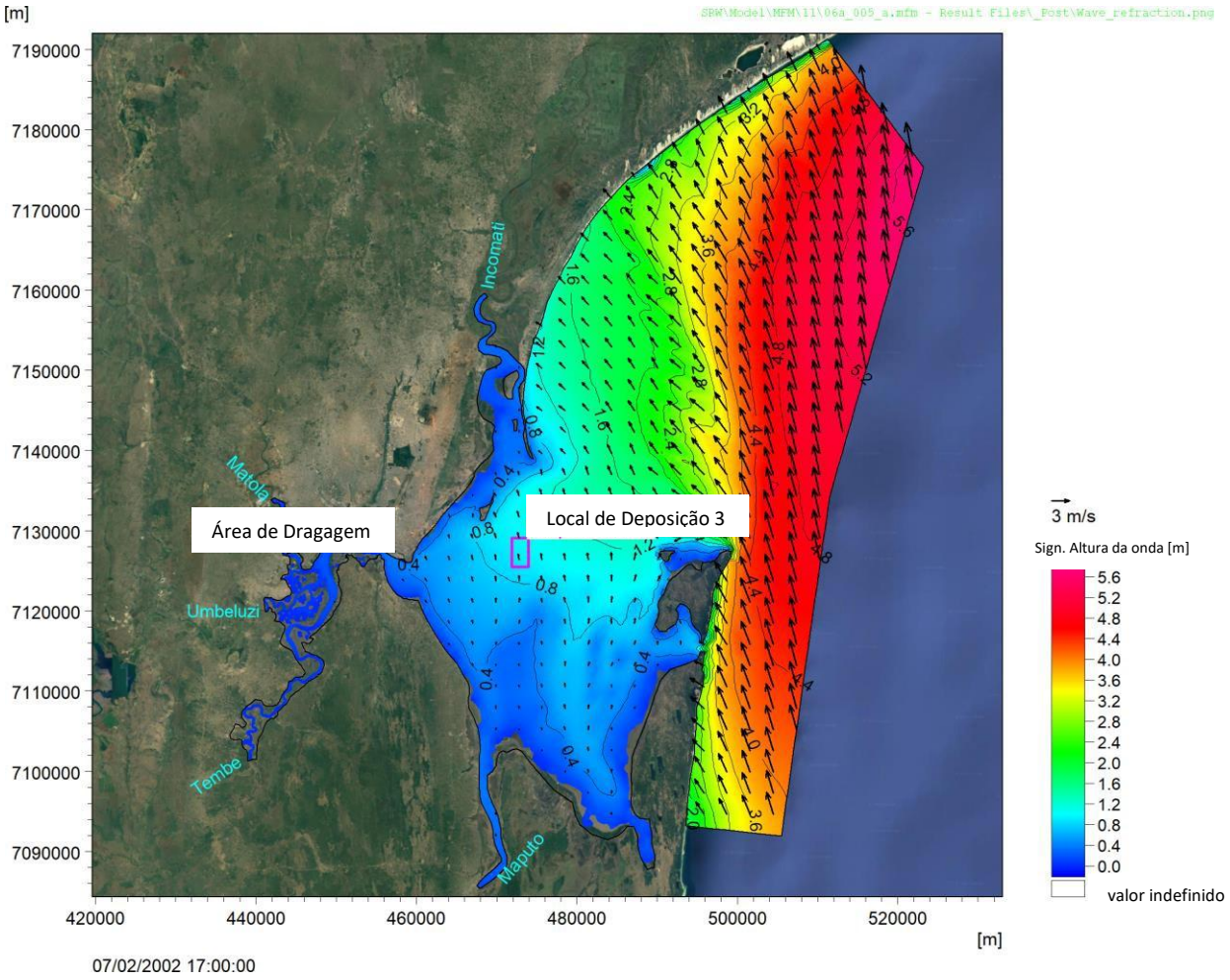


Figura 2-22: Refracção das ondas durante uma tempestade.

3. MODELAÇÃO DE PLUMA DE DRAGAGEM

3.1 Introdução

Esta secção do relatório apresenta a modelação numérica realizada para simular os trabalhos de dragagem propostos, de modo que as plumas de dragagem resultantes e a extensão da deposição de sedimentos possam ser estimadas. Nesta fase, existem apenas informações gerais sobre os detalhes dos trabalhos de dragagem propostas, por exemplo, frota de dragagem, tempos de ciclo, características dos sedimentos e operações de transbordo. Este estudo tenta, portanto, simular o que é considerado como uma metodologia de dragagem razoável dada a informação disponível, ao mesmo tempo, por outro lado, conservadora, do ponto de vista de potenciais impactos ecológicos. Os resultados deste estudo devem ser interpretados por um ecologista marinho para quantificar os impactos ambientais sobre a ecologia marinha da área.

3.2 Descrição do modelo

O módulo de Transporte de Lama do Modelo de Malha Flexível MIKE 3 Flow foi utilizado para modelar a deslocação horizontal e a dispersão de plumas de dragagem. A aplicação do modelo está descrita no Manual do Utilizador (DHI, 2023f), enquanto os detalhes completos dos processos físicos que estão a ser simulados e as técnicas de solução numérica estão descritos na Documentação Científica (DHI, 2023g).

O modelo de transporte de lama simula a deslocação horizontal e a dispersão de sedimentos de grão fino (<63 µm) libertados na coluna de água, e está acoplado tanto aos modelos hidrodinâmicos como aos modelos de ondas (Secção 2.2) discutidos acima. O deslocamento/dispersão do sedimento é integrado na formulação do deslocamento/dispersão do modelo hidrodinâmico. A deposição e ressuspensão de sedimentos é determinada por tensões de cisalhamento no fundo calculadas a partir do efeito combinado das correntes do modelo hidrodinâmico e das velocidades orbitais das ondas do modelo de ondas. A saída do modelo inclui mapas de concentrações de sedimentos em suspensão (CSS's) e espessura de deposição.

Os seguintes fenómenos físicos foram incluídos neste estudo:

- Fontes de sedimentos suspensos;
- Deslocamento-dispersão de sedimentos em suspensão por correntes;
- A deposição dos sedimentos e o seu assentamento sobre o fundo marinho dependem da tensão de cisalhamento crítica para a deposição;
- Ressuspensão dos sedimentos do fundo marinho, dependendo da tensão de cisalhamento crítica para a Ressuspensão e do coeficiente de erosão;
- Tensão de cisalhamento do fundo devido a correntes combinadas e velocidades orbitais de onda.

3.3 Caracterização das actividades de dragagem

3.3.1 Volume de dragagem

The estimated dredging volume for the berth pocket as shown in Figure 1-1 is 181 493 m3.

3.3.2 Metodologia de dragagem

Com base na resposta do empreiteiro de dragagem ao Pedido de Propostas (PRDW, 2022b), foi considerado, para efeitos deste estudo, uma única draga de sucção em arrasto (TSHD), com uma capacidade de cuba de 4 643 m³.

3.3.3 Processos físicos

Na ausência de dados sobre a qualidade dos sedimentos, assume-se que os sedimentos a dragar não estão contaminados e a modelação avalia assim os impactos físicos da dragagem, ou seja, as concentrações de sedimentos em suspensão (CSS) na coluna de água e a espessura da deposição de sedimentos no fundo do mar. As plumas de dragagem são causadas pela libertação de sedimentos na coluna de água durante o processo de dragagem. Apenas o sedimento fino (tamanho das partículas < 63 µm) é relevante para a formação de plumas de dragagem, uma vez que a areia mais grossa e as fracções de cascalho têm uma velocidade de sedimentação mais elevada, o que impede o desenvolvimento de plumas de sedimentos extensos. Uma vez libertadas na coluna de água, as partículas finas serão deslocadas e dispersas pelas correntes circundantes e pelos remoinhos turbulentos. As partículas tenderão a sedimentar em direcção ao fundo do mar, resultando em maiores concentrações de sedimentos em suspensão perto do fundo do mar, em comparação com a superfície da água. As partículas perto do fundo do mar serão depositadas se a tensão de cisalhamento no fundo, devido ao efeito combinado de correntes e ondas, for suficientemente baixo. As partículas que foram depositadas no fundo do mar podem tornar-se novamente suspensas se a tensão de cisalhamento no fundo posteriormente aumentar o suficiente. Isto resulta numa pluma sedimentar secundária e facilita a redistribuição de sedimentos no fundo do mar. O efeito combinado das correntes e das velocidades orbitais das ondas geram tensões de ruptura do fundo que controlam a deposição e a ressuspensão das partículas sedimentares.

As plumas de dragagem podem ser geradas tanto no local de dragagem como no local de deposição. A figura 3-1 apresenta as fontes potenciais de uma pluma de dragagem de uma draga TSHD no local de dragagem. A cabeça de sucção provoca uma perturbação do leito marinho, originando uma pluma junto ao fundo. A pluma de transbordo é gerada pela descarga de uma mistura de água e sedimentos a partir da cuba, resultante da continuação da dragagem após a capacidade da cuba ter sido excedida. A implementação de uma válvula de transbordo (geralmente referida como "válvula verde" ou "válvula ambiental") minimiza a entrada de ar na mistura água-sedimento e resulta na formação de um jacto de sedimento que precipita em direcção ao fundo do mar, reduzindo assim a concentração de sedimentos em suspensão nas águas superficiais em redor da draga. Assim, a maior parte das frações finas resultantes do transbordo é transportada de volta para o leito marinho, enquanto a parte restante é incorporada na coluna de água, formando uma pluma. A turbulência gerada pelas hélices resulta na ressuspensão dos sedimentos depositados no leito marinho provenientes do transbordo, sendo convencionalmente considerada como parte da pluma de transbordo.

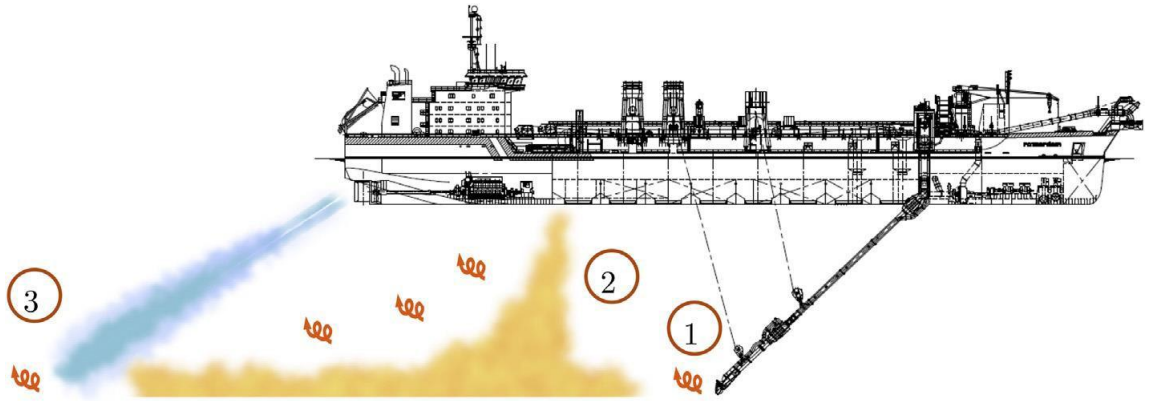


Figura 3-1: Fontes de uma pluma de dragagem para uma draga de sucção em arrasto (TSHD) no local de dragagem: 1. Cabeça de dragagem, 2. Transbordo e 3. Turbulência da hélice (Becker, 2015).

No local de deposição, os sedimentos contidos na cuba serão libertados através de um fundo basculante (Figura 3-2). Após a libertação da mistura de sedimentos e água na coluna de água, o material dragado desloca-se rapidamente em direção ao fundo marinho sob a forma de uma pluma densa, num processo conhecido como descida convectiva. A maior parte do sedimento depositado acumula-se no fundo, embora uma fração do sedimento fino seja arrastada para a coluna de água, formando uma pluma.

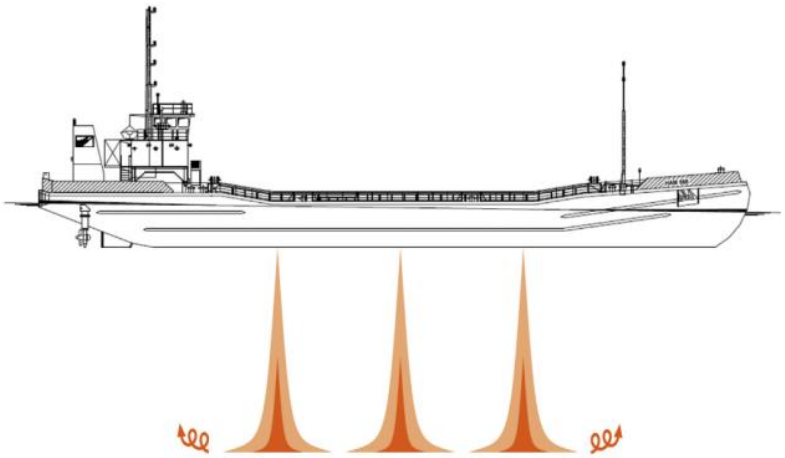


Figura 3-2: Fontes de uma pluma de dragagem durante a eliminação de uma draga de sucção em arrasto (Becker, 2015).

3.3.4 Área de dragagem e local de deposição

Este estudo considera apenas a dragagem em áreas limitadas à bacia do cais proposto e ao canal de acesso adjacente. A área a ser dragada para este estudo é mostrada na Figura 1-1 e na Figura 3-3. Os sedimentos dragados serão depositados na Baía de Maputo no local de deposição 3 (PRDW, 2022a), o que também é mostrado na Figura 3-3.

Embora a deposição possa ser permitida em toda a área designada, na prática é provável que esta se concentre mais na parte noroeste da área de deposição, uma vez que o empreiteiro de dragagem procurará minimizar a distância de navegação de e para a área de dragagem. No entanto, a deposição repetida no mesmo local não será permitida, pois a formação do respectivo monte de deposição acabaria por constituir um risco para a navegação. A profundidade limite da área de deposição é de −8 m CD (PRDW, 2022a).

O volume de sedimentos a depositar na área de deposição é de aproximadamente 165 000 m³, após considerar a perda de fracções finas na área de dragagem e o aumento volumétrico dos sedimentos. Com base numa profundidade mínima após deposição de −8 m CD, foi identificada uma área de cerca de 300 m × 500 m (150 000 m²), a qual apresenta capacidade suficiente para a deposição dos sedimentos. A Figura 3-3 apresenta a extensão da Área de Deposição 3, bem como a área de deposição considerada no modelo.

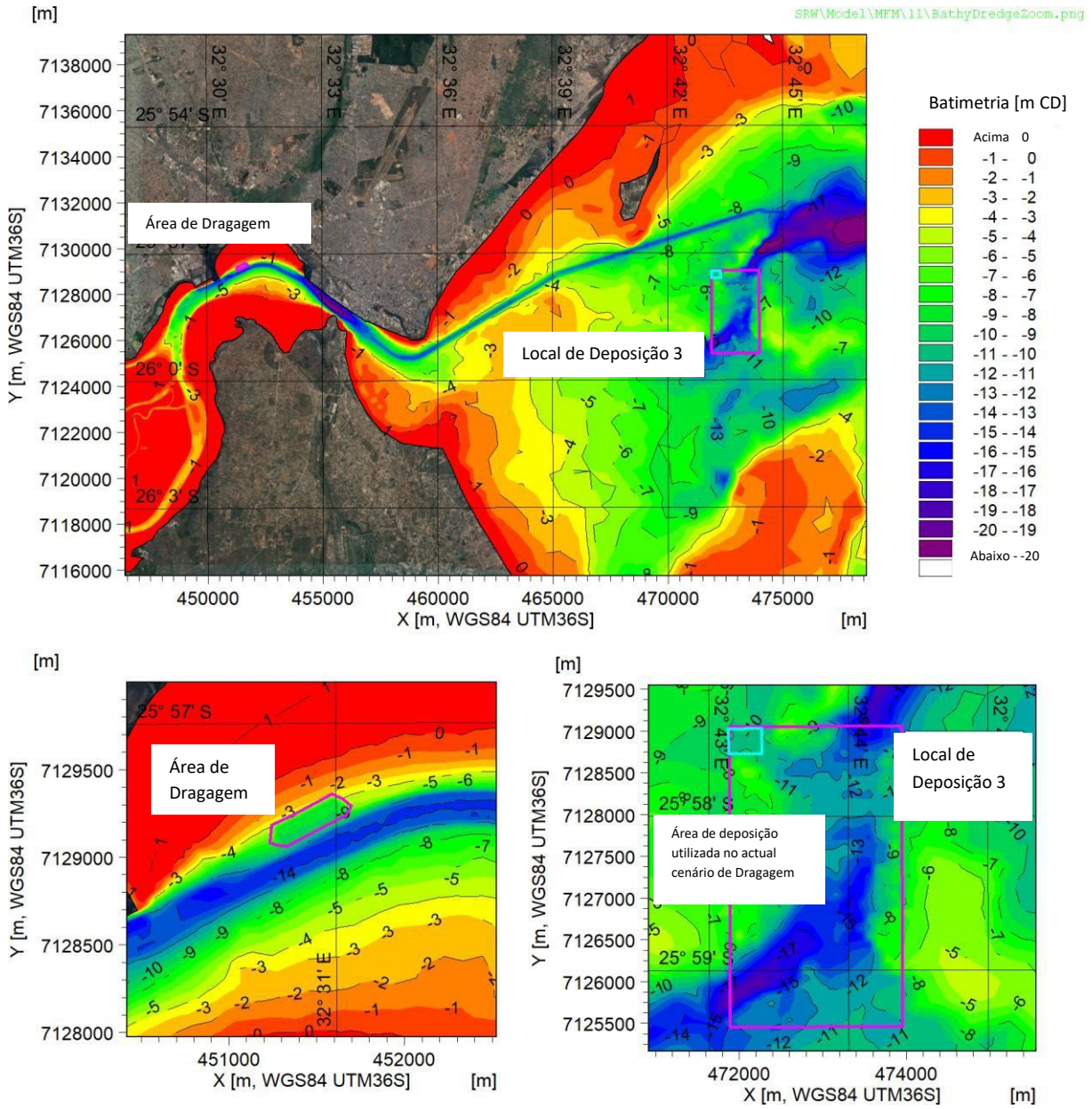


Figura 3-3: Áreas de dragagem e deposição e batimetria aplicada para a modelação da dispersão da pluma de dragagem.

3.3.5 Características dos sedimentos

O tamanho dos sedimentos é um determinante importante no comportamento e no destino dos sedimentos após a sua descarga no mar. Os tipos de sedimentos foram categorizados de acordo com a sua granulometria, tal como indicado na Tabela 3-1.

Tabela 3-1: Definição dos tipos de sedimentos.

Tipo de sedimento		Tamanho da partícula
Materiais finos	Argila	< 2 µm
	Lodo	2 µm - 63 µm
Areia e cascalho		> 63 µm

Como discutido acima, apenas o sedimento fino (tamanho das partículas < 63 µm) é relevante para a formação de plumas de dragagem, por isso é importante definir que proporção do sedimento a ser dragado é classificada como fino. A caracterização do sedimento a ser dragado baseou-se em diversas medições

históricas realizadas na área, tal como apresentado na Tabela 3-2. A figura 3-4 apresenta a localização das várias amostras históricas.

Tabela 3-2: Resumo da classificação dos sedimentos.

Localização	Percentagem por volume in situ [%]			Referência do ponto (ver Figura 3-4)	Referência
	Areia & cascalho	Lodo	Argila		
Agregado de amostras na MTC e na curva entre a Matola e Maputo	15	80	5	S1, S2, S3	(SEED, 2010)
Furo de costa NE de lodaçais	40	20	40	MBH11	(Jones & Wagner, 2012)
Furo de costa NE de lodaçais	15	25	60	MBH13	(Jones & Wagner, 2012)
A montante do cais de MTC em canal	20	50	30	S4	(PRDW, 2021)
Cais da Central Termoeléctrica Flutuante de Maputo KPS	20	40	40	Área de dragagem	Assumido com base na informação disponível

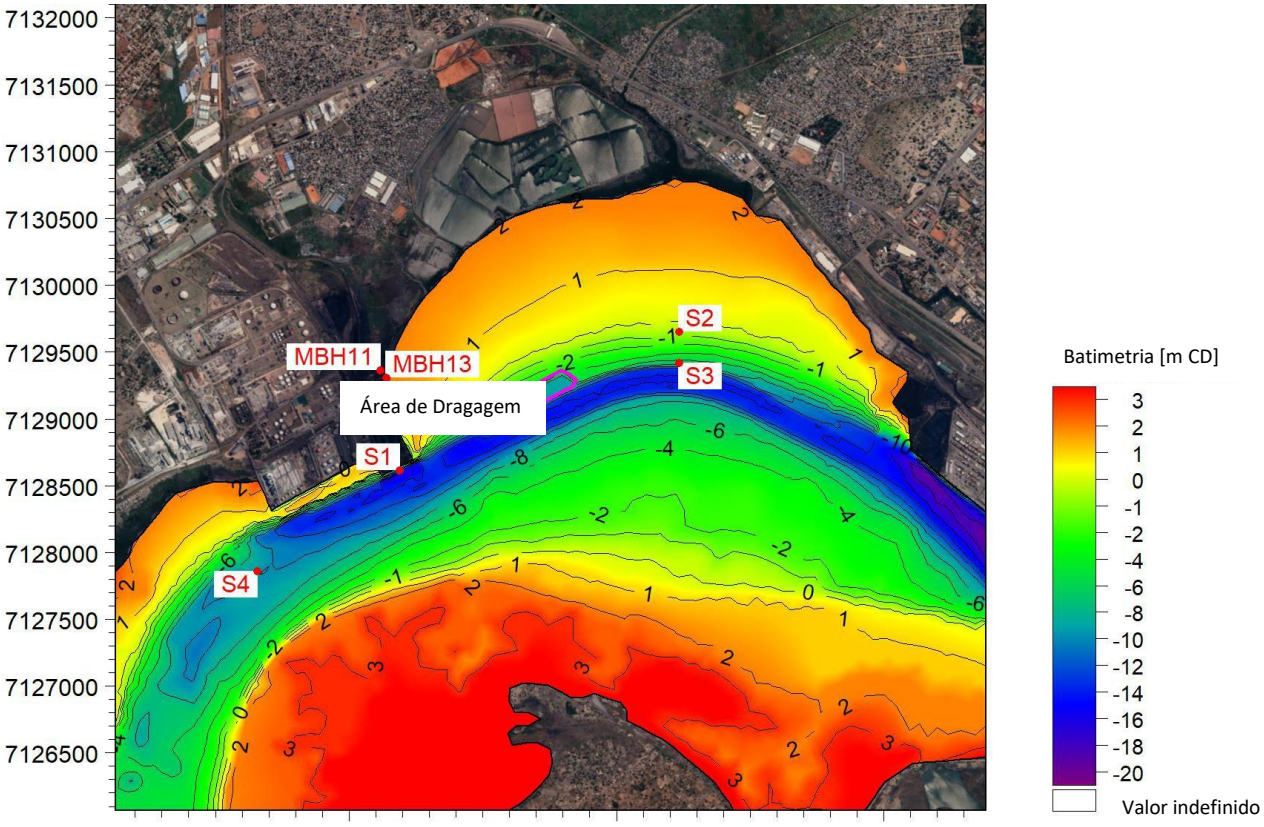


Figura 3-4: Localização dos vários locais de amostragem histórica para a granulometria dos sedimentos.

As amostras indicam características de sedimento altamente variáveis na área, variando entre 60% de finos a 85% de finos. Este elevado grau de variabilidade e a falta de dados na área de dragagem proposta sugerem um elevado grau de incerteza na estimativa da percentagem de finos a utilizar na modelação da pluma de dragagem. Foi adoptado um teor de finos de 80% (constituindo 40% de siltes e 40% de argilas) para utilização neste estudo, considerado como uma hipótese conservadora mas razoável.

Os factores de porosidade e de volume assumidos para os vários tipos de sedimentos são apresentados na Tabela 3-3. O "factor de volume" indica o factor pelo qual o volume de sedimentos irá aumentar como resultado do processo de dragagem, e é uma função do tipo de material a ser dragado e do tipo de tecnologia de dragagem utilizada.

Com base nos factores de volume indicados no Tabela 3-3 e na divisão do tipo de sedimento acima descrita, resulta num factor de volume global de 1.3 para o material a ser dragado.

Tabela 3-3: Densidades secas dos sedimentos e factores de empolamento.

Descrição		Cascalho e areia	Lodo	Argila
Densidade de grãos [kg/m^3]		2 650	2 650	2 650
No local	Porosidade [-]	0.35	0.60	0.65
	Densidade seca [kg/m^3]	1 723	1 060	928
Cuba interior	Porosidade [-]	0.4	0.70	0.75
	Densidade seca [kg/m^3]	1 590	795	663
	Factor de volume	1.08	1.33	1.40

3.3.6 Balanço de massa de finos

O processo de dragagem, tal como descrito na Secção 3.3.3, exige que sejam feitas suposições relativamente à proporção do sedimento fino disponível a ser libertado na coluna de água ou depositado no fundo do mar durante as várias fases de dragagem. Dada a informação limitada sobre a metodologia de dragagem nesta fase, os pressupostos são particularmente conservadores no que respeita à formação de plumas no local de dragagem, uma vez que esta é a área onde são esperados impactos de maior intensidade. Os pressupostos são resumidos da seguinte forma:

- As perdas associadas à cabeça de sucção são estimadas em 3% do montante total de materiais finos disponíveis. Esta é considerada uma estimativa conservadora, baseada numa revisão bibliográfica sobre taxas de ressuspensão causadas por dragas hidráulicas (Anchor Environmental, 2003).
- Com base nos tempos de ciclo iniciais propostos pelo empreiteiro de dragagem do Pedido de Concurso (PRDW, 2022b), assume-se que o enchimento da cuba demorará 540 min (com base num ciclo total de 12 h), dos quais 270 minutos corresponderão a operações de transbordo (Bray, et al., 1997). Durante o transbordo, assume-se que 70% dos materiais finos que entram na cuba serão descarregadas através de uma válvula de transbordo (Becker, 2015; IMDC, 2012). A proporção do montante total de materiais finos disponíveis perdidas durante o transbordo pode ser calculada da seguinte forma:

  Perdas no transbordo = proporção de finos que entram na cuba após as perdas na cabeça de sucção (97%)

  x proporção do tempo de dragagem em que ocorre transbordo (50%)

  x proporção de finos descarregados por transbordo (70%) =34

  Destes materiais finos presume-se que 20% serão incorporados na coluna de água formando uma pluma de campo distante, enquanto o restante será depositado no fundo do mar, ficando disponível para ressuspensão devido às ondas e correntes predominantes (Becker, 2015).

- Durante a deposição, assume-se que 10% dos finos depositados serão incorporados na coluna de água formando uma pluma, enquanto o restante será depositado no fundo do mar, disponível para ressuspensão devido às ondas e correntes predominantes (Becker, 2015).

A Tabela 3-4 fornece um resumo do balanço de massa de finos, tal como determinado a partir das hipóteses discutidas acima.

Tabela 3-4: Balanço de massa de finos .

Descrição	Proporção de finos disponíveis [%]		
	Na coluna de água	No fundo do mar	Total
Perdas na cabeça de sucção	3.0	0	3.0
Perdas no transbordo	6.8	27.2	34.0
Deposição	6.3	56.7	63.1
Total	16.1	83.9	100.0

3.3.7 Volumes e massas de sedimentos por carga da cuba

A Tabela 3-5 apresenta os volumes e massas de sedimentos assumidos por cada carga da cuba, tendo em conta as propriedades volumétricas dos tipos de sedimento considerados (Tabela 3-3), e o balanço de massa de finos (Tabela 3-4). Note-se que os volumes e massas apresentados são limitados pelo volume máximo admissível de sedimentos depositados no interior da cuba, de 3 482 m^3, correspondente a 75% da capacidade total da cuba, que é de 4 643 m^3.

Tabela 3-5: Volumes e massas de sedimentos por carga da cuba.

Área de Dragagem	Cascalho & areia	Lodo	Argila
Volume no local[m3]	769	1 537	1 537
	3 843		
Massa no local [kg]	1 323 939	1 629 463	1 425 780
Massa perdida na cabeça de arrasto [kg]	N/A	48 884	42 773
Massa perdida durante o transbordo [kg]	N/A	553 203	484 052
Massa dentro do funil [kg]	1 323 939	1 027 376	898 954
Volume dentro do funil [m^3]	833	1 292	1 357
	3 482		

3.3.8 Tempos de ciclo e duração da dragagem

As suposições feitas relativamente ao tempo de ciclo esperado para um único TSHD são fornecidas na Tabela 3-6.

Tabela 3-6: Tempo de ciclo da draga

Descrição	Duração [min]
Tempo para encher a cuba, incluindo o transbordo	540
Tempo para esvaziar a cuba	5
Margem para manobra de viragem da embarcação	10
Tempo de navegação até ao local de deposição e regresso (assumir 10 kt de velocidade de navegação e uma distância do local de dragagem ao local de deposição de aproximadamente 25 km)	162
Total	**717**

O tempo adicional necessário para encher a cuba resulta da natureza confinada da bacia de dragagem, a qual exige dragagem estacionária, em vez de dragagem realizada com a embarcação em movimento. Dado um volume in-situ de 3 843 m^3 a ser dragado por ciclo de dragagem (Tabela 3-5) e um ciclo de 717 min (Tabela 3-6), a produtividade global da operação de dragagem descrita é de aproximadamente 54 000 m^3 por semana. Com base nesta produtividade, seriam necessários aproximadamente 24 dias para dragar o total estimado de 181 493 m^3 de sedimentos considerados como parte deste estudo.

A abordagem descrita não tem em conta os tempos de paragem devido a condições ambientais (ondas, vento ou correntes) que excedam os limites operacionais, nem as questões logísticas e de manutenção associadas às operações de dragagem. Esta abordagem é, portanto, conservadora, pois avalia o impacto cumulativo máximo devido à dragagem efectuada com uma eficiência operacional quase óptima, uma vez que as plumas de dragagem se dispersariam e assentariam durante o tempo de paragem.

A modelação da pluma de dragagem compreendeu a duração total de 24 dias da dragagem mais 60 dias para permitir que o sedimento em suspensão assentasse.

3.3.9 Taxas de carga de sedimentos

A Tabela 3-7 apresenta a duração da descarga, o nível vertical de libertação e as taxas de carga, tal como aplicado no modelo. As diferentes massas de finos foram determinadas directamente a partir da Tabela 3-5. Embora a taxa de carga agregue siltes e argilas conjuntamente como finos, a repartição proporcional entre siltes e argilas constitui uma entrada adicional do modelo, tendo sido determinada com base na Tabela 3-5.

Tabela 3-7: Taxas de carga de sedimentos por carga da cuba.

Fonte da pluma de dragagem	Duração (min)	Massa de finos (kg)	Taxa de carga (kg/s)	% massa libertada na coluna de água	Nível vertical de libertação na coluna de água
Perdas na cabeça de sucção	540	91 657	2.8	100	Camada inferior
Perdas no transbordo	270	1 037 255	64.0	20	Distribuição uniforme
Deposição	5	1 926 331	6421.1	10	Distribuição uniforme

3.4 Parâmetros dos sedimentos

Os parâmetros que definem os processos de sedimentação, deposição e ressuspensão adoptados neste estudo são apresentados na Tabela 3-8. Estes valores foram estabelecidos com base na experiência da PRDW em projectos semelhantes.

Tabela 3-8: Parâmetros de sedimentação, deposição e ressuspensão de sedimentos.

Parâmetro	Silte	Argila
Velocidade de sedimentação [m/s]	3×10^{-4}	3×10^{-5}
Tensão de cisalhamento crítica para deposição [N/m^2]	0.2	0.1
Tensão de cisalhamento crítica para erosão [N/m^2]	0.4	
Coeficiente de erosão [kg/m^2/s]	5×10^{-5}	

As tensões de cisalhamento modeladas, máximas e médias no fundo, calculadas ao longo do período de modelação de 84 dias, são apresentadas na Figura 3-5, para comparação com as tensões de cisalhamento críticas apresentadas anteriormente. Os resultados indicam que a tensão de cisalhamento crítica para a erosão de 0,4 N/m2 é frequentemente excedida em grande parte da área de estudo, o que levará à ressuspensão dos sedimentos aí depositados. Assim, prevê-se que os finos se mantenham maioritariamente em suspensão, resultando em baixos impactos por soterramento, embora à custa de elevados níveis de turvação.

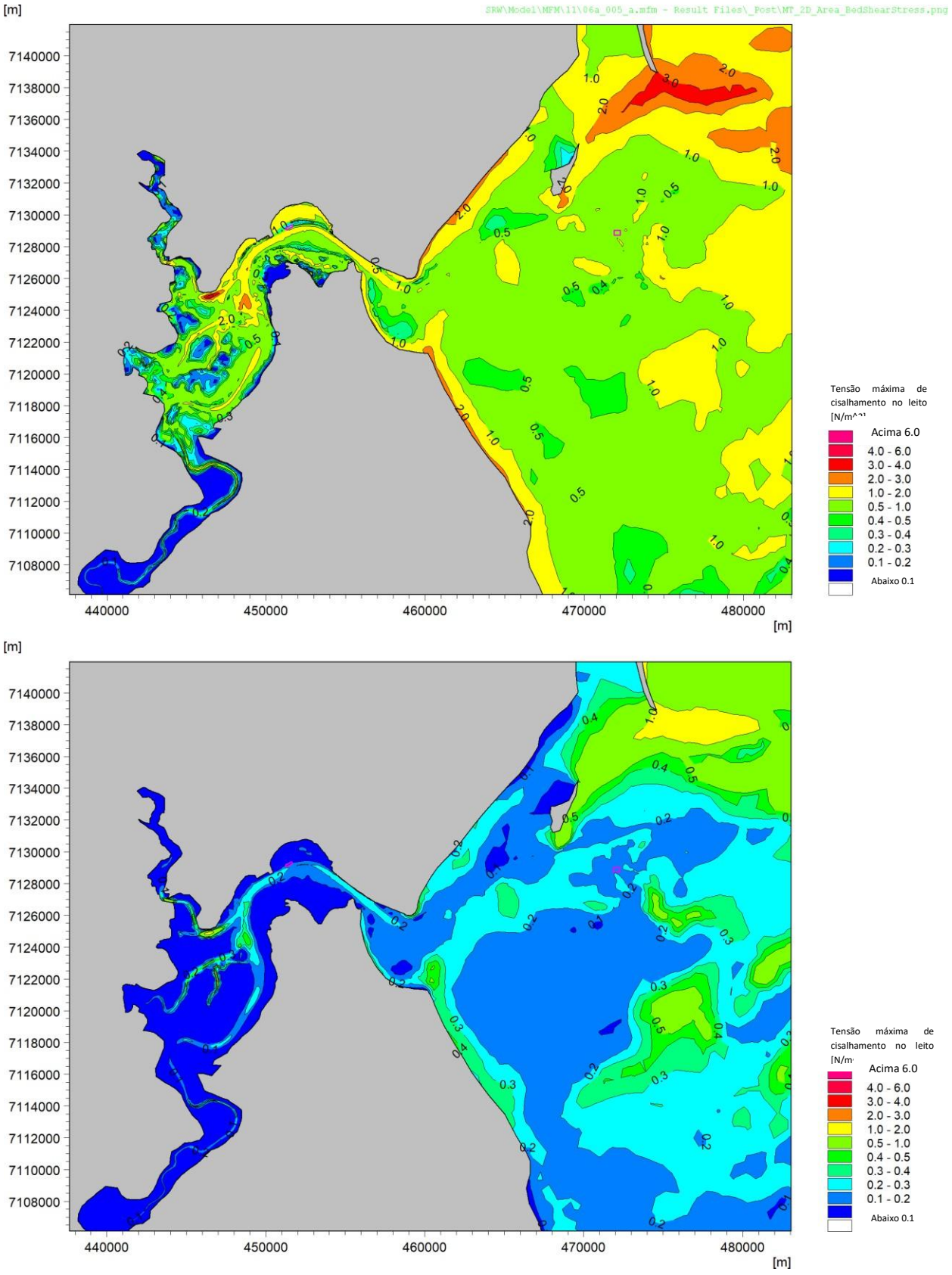


Figura 3-5: A tensão máxima e média de cisalhamento no fundo, modeladas, na área de estudo.

3.5 Turbidez natural

A concentração natural de sedimentos em suspensão (CSS) no modelo foi fixada em zero. As CSS modeladas representam, portanto, o aumento das CSS devido à dragagem proposta para além dos níveis naturais. Torna-se, portanto, importante analisar as SSC modeladas à luz dos níveis naturais de turvação no ambiente envolvente. Uma breve síntese das medições históricas da turbidez é apresentada num relatório de estudo ambiental simplificado para a dragagem do canal de acesso ao Porto de Maputo (SEED, 2010), cujo resumo é fornecido abaixo.

Os níveis naturais de turbidez no estuário do Espírito Santo e na Baía de Maputo são altamente variáveis. A confluência de três rios na formação do Estuário do Espírito Santo representa um importante sistema de entrada de sedimentos na Baía de Maputo, juntamente com contribuições significativas da descarga dos rios Maputo e Incomati (Figura 2-1). Os níveis de turbidez naturais podem ser superiores a 1 000 mg/l durante os meses de Verão, que coincidem com o escoamento de grandes rios (Tabela 2-1) e/ou durante períodos de vento forte e correntes de maré que levam à ressuspensão de sedimentos do fundo do mar. As medições indicam que os níveis de turbidez podem diminuir para 50 mg/l durante os meses de Inverno, coincidindo com períodos de escoamento reduzido dos rios e ventos mais fracos. A Tabela 3-9 fornece um resumo da gama de medições de turbidez das campanhas históricas de medição.

Tabela 3-9: Resumo das medições de turbidez na Baía de Maputo (SEED, 2010).

Fonte	Concentração [mg/l]	Observações
Posford Haskoning (2004)	49 - 1455	Estação húmida; Canal da Matola, Canal da Polana, e Sítios de deposição 1 & 2
CSIR (1998)	50 - 1000	Estimativa baseada em medições do canal de acesso ao Porto da Beira
Niras Portconsult (2000)	63 - 319	Estação seca; Canal da Matola e Canal da Polana

4. RESULTADOS

4.1 Contornos de concentração de sedimentos suspensos

As figuras 4-1 e 4-2 apresentam representações espaciais instantâneas das correntes e das concentrações de sedimentos em suspensão (SSC) junto ao fundo durante as operações de dragagem e deposição, respectivamente.

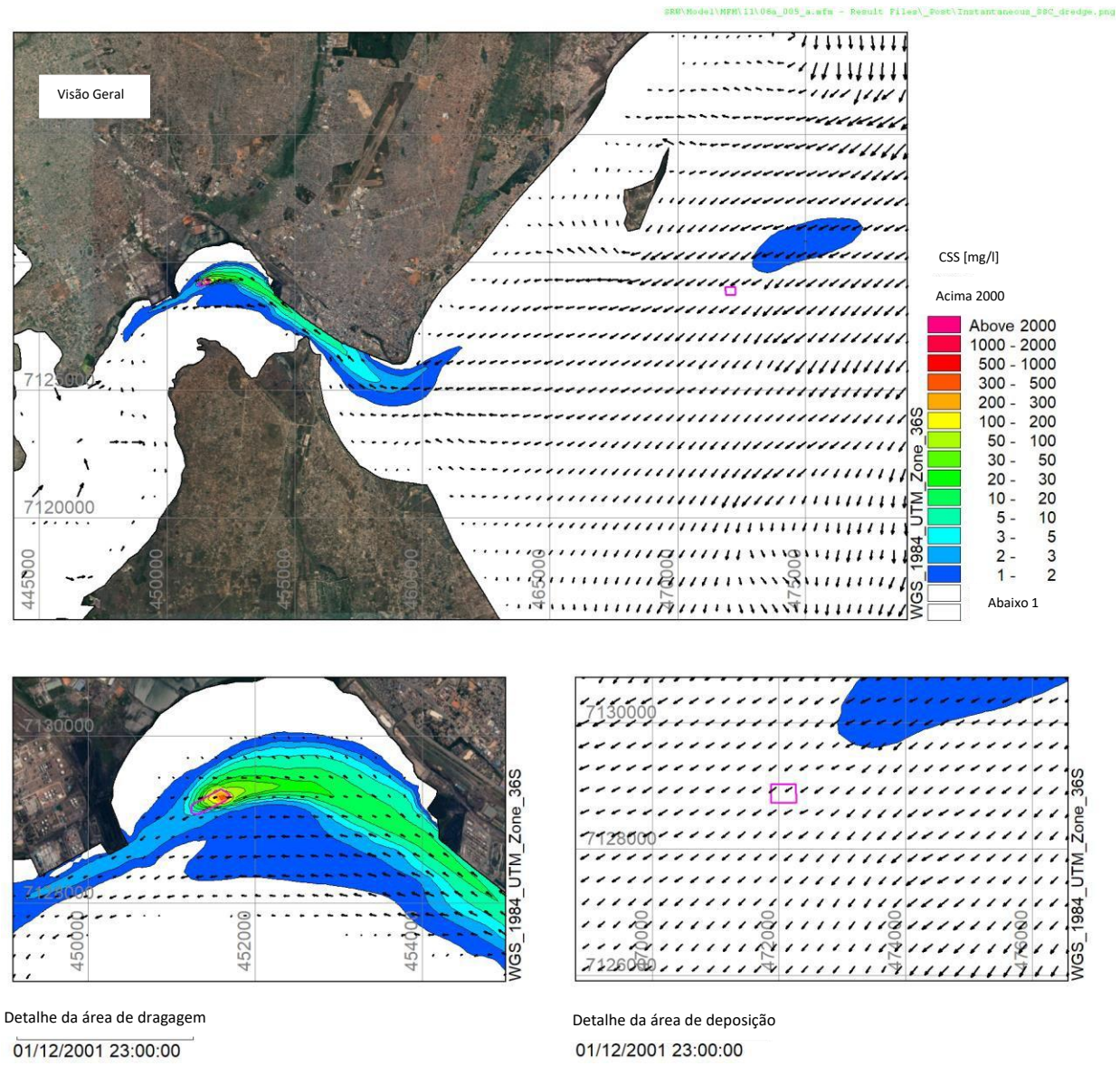


Figura 4-1: Gráfico instantâneo das correntes junto ao fundo e das concentrações de sedimentos em suspensão durante a dragagem.

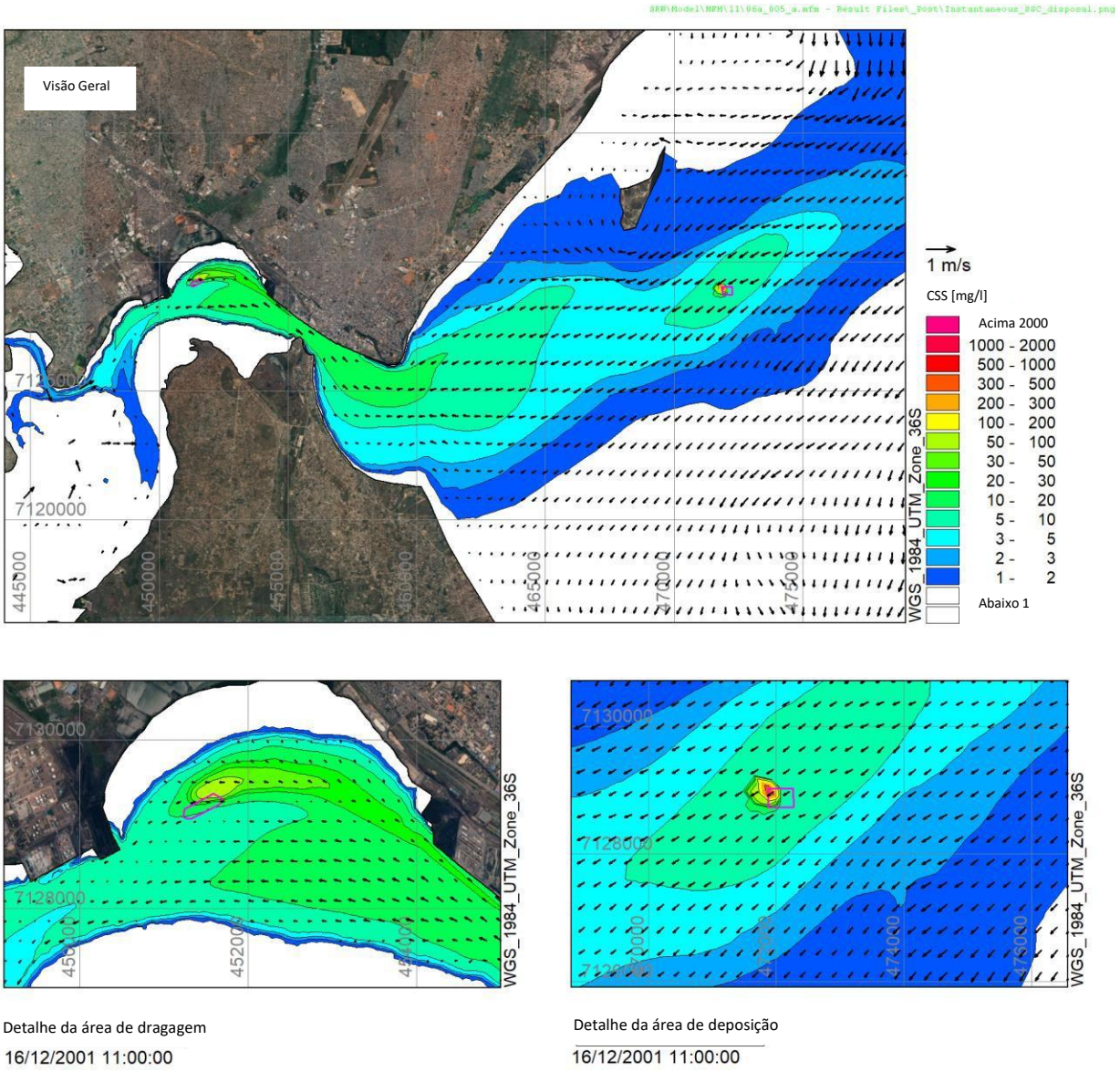


Figura 4-2: Gráfico instantâneo das correntes junto ao fundo e das concentrações de sedimentos em suspensão durante a deposição.

A Figura 4-3 mostra a concentração máxima de sedimentos em suspensão (SSC), calculada ao longo dos 84 dias simulados. Foram previstas SSC superiores a 1 000 mg/l tanto na área de dragagem como na área de deposição; no entanto, valores desta magnitude ocorrem apenas durante períodos limitados, da ordem de algumas horas, devendo por isso ser considerados apenas na avaliação de impactes agudos.

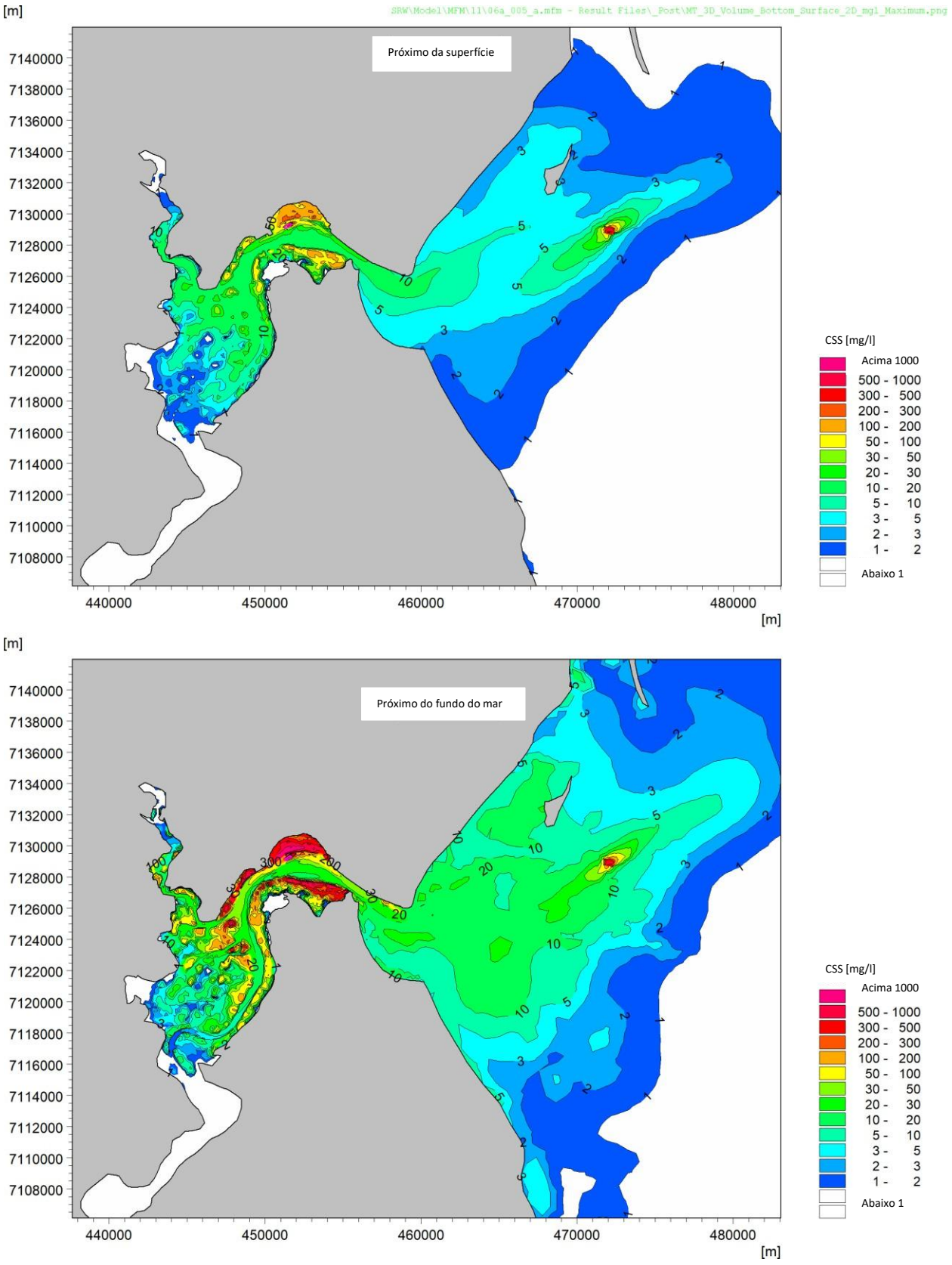


Figura 4-3: CSS máximo próximo da superfície e próximo do fundo.

As Figuras 4-4 a Figura 4-9 apresentam a duração acumulada durante a qual foram excedidos vários níveis de concentração de sedimentos em suspensão (10, 20, 50, 100, 200 e 500 mg/l), calculada durante os 24 dias de actividades de dragagem simuladas, acrescidos dos 60 dias subsequentes que permitiram a deposição dos

sedimentos em suspensão. Estes números destinam-se a auxiliar a estimativa dos impactes ambientais associados à exposição crónica a níveis elevados de SSC na área de interesse. É apresentada uma gama de limiares de CSS e caberá ao especialista em ecologia marinha decidir qual o limiar mais adequado para avaliar os impactos ecológicos.

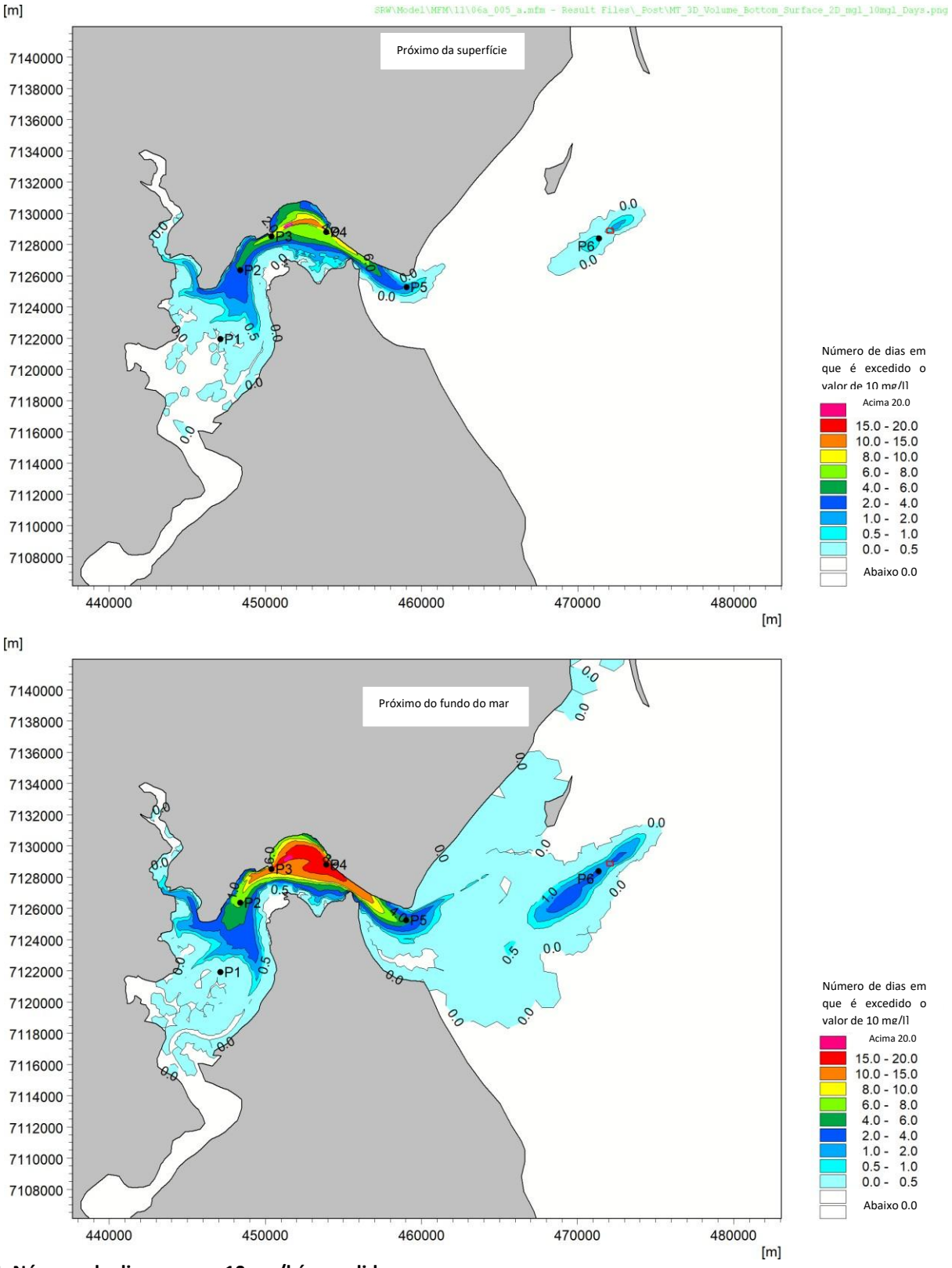


Figura 4-4: Número de dias em que 10 mg/l é excedido.

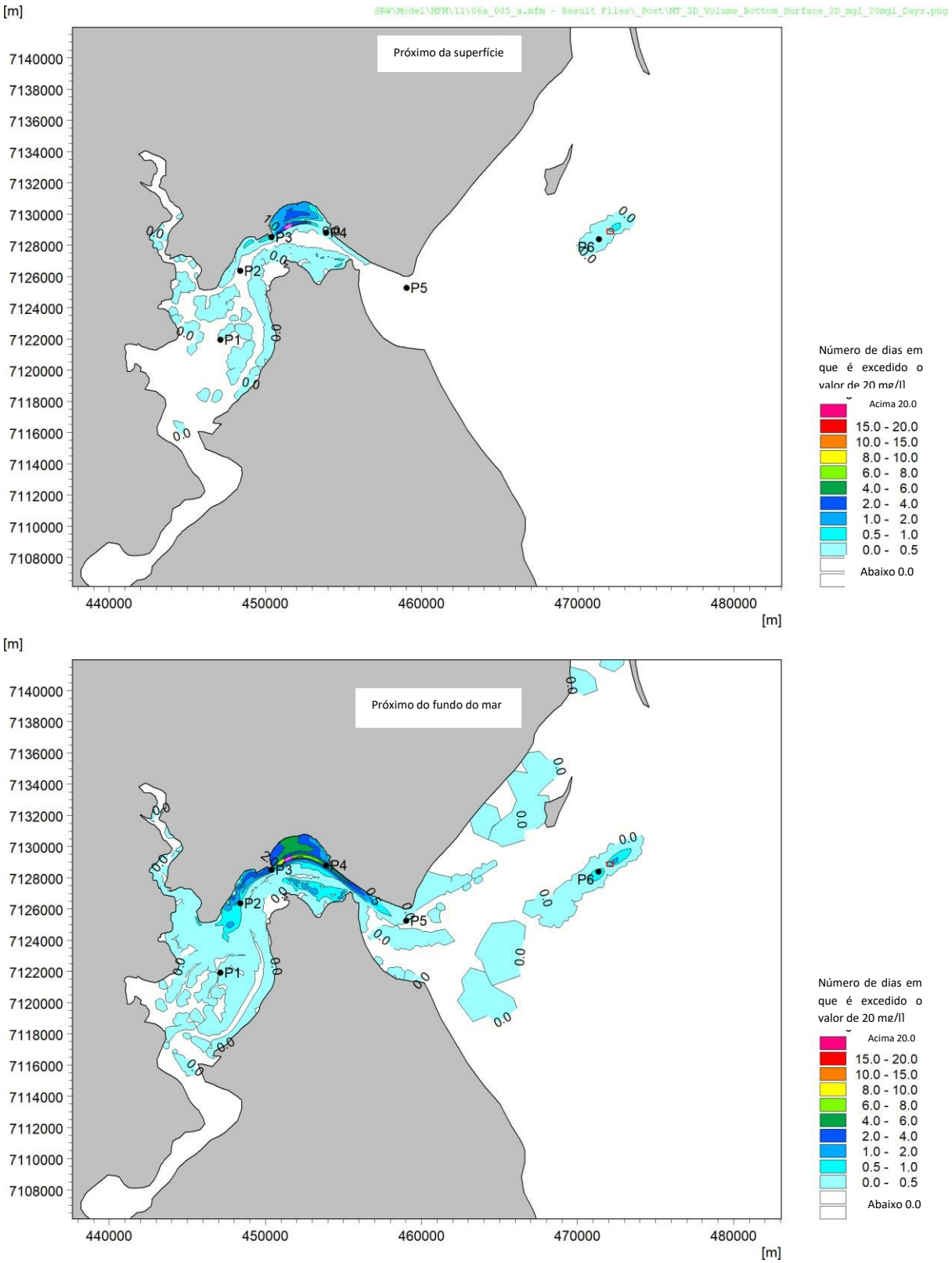


Figura 4-5: Número de dias em que 20 mg/l é excedido.

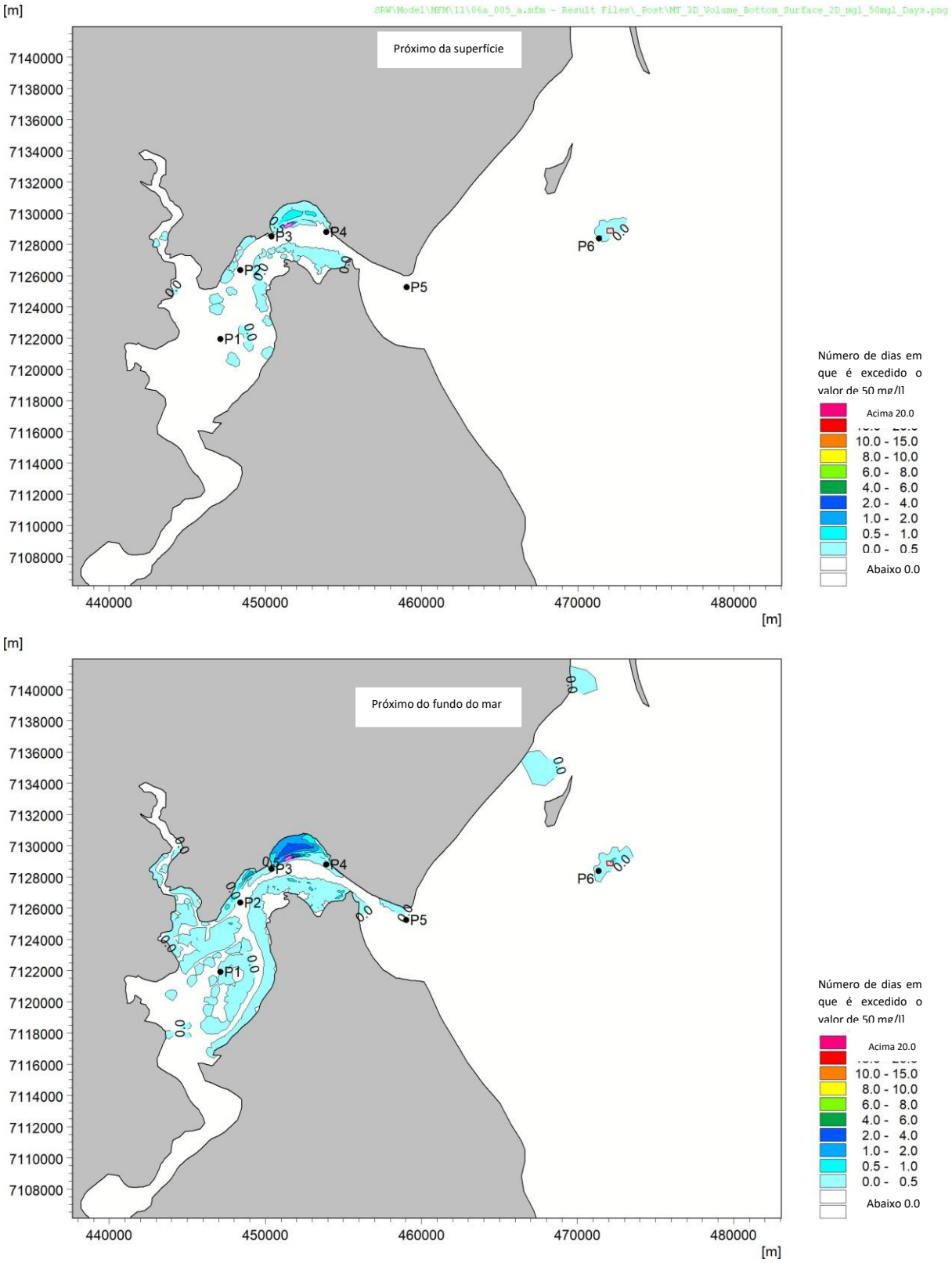


Figura 4-6: Número de dias em que 50 mg/l é excedido.

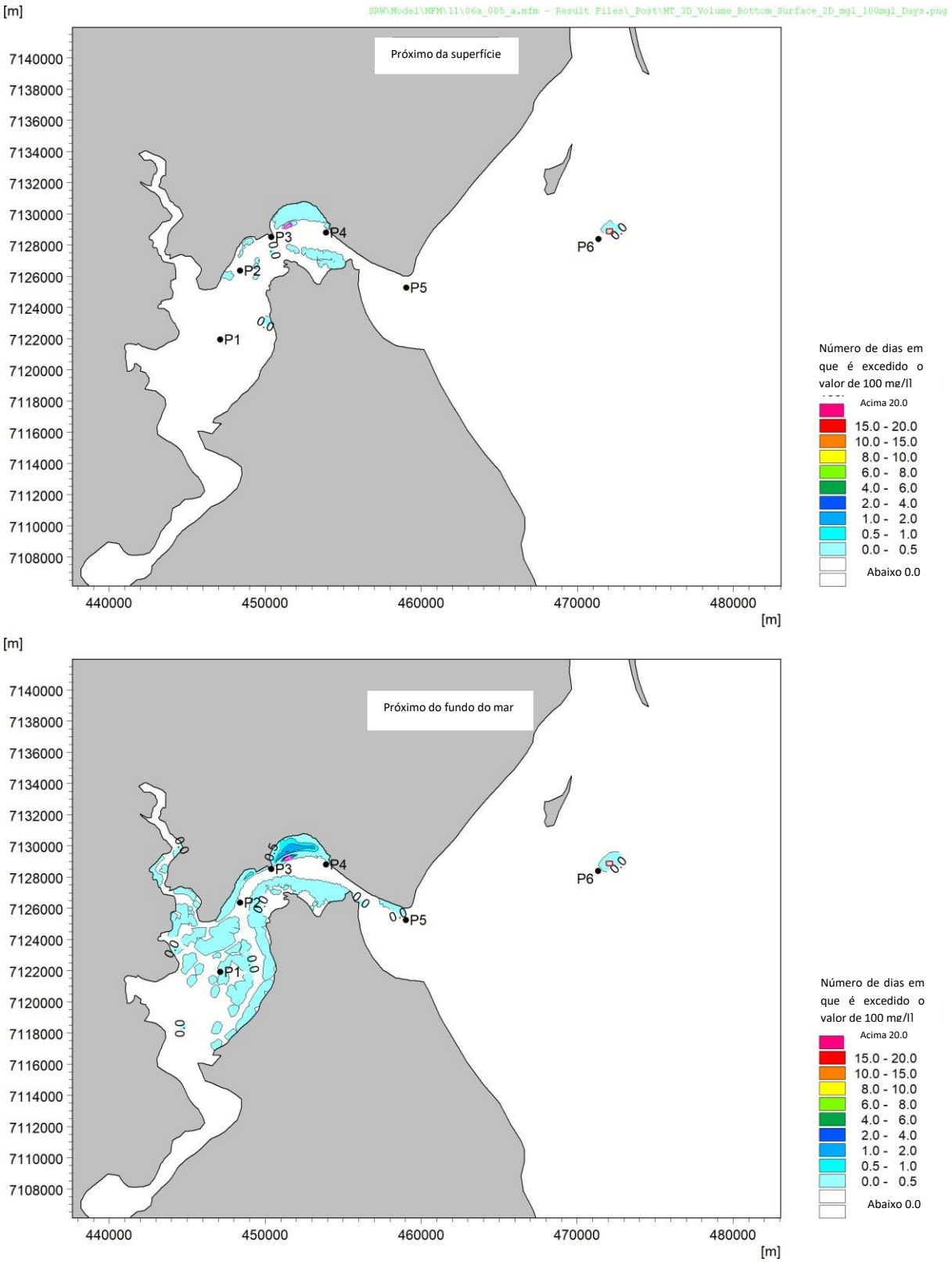


Figura 4-7: Número de dias em que 100 mg/l é excedido.

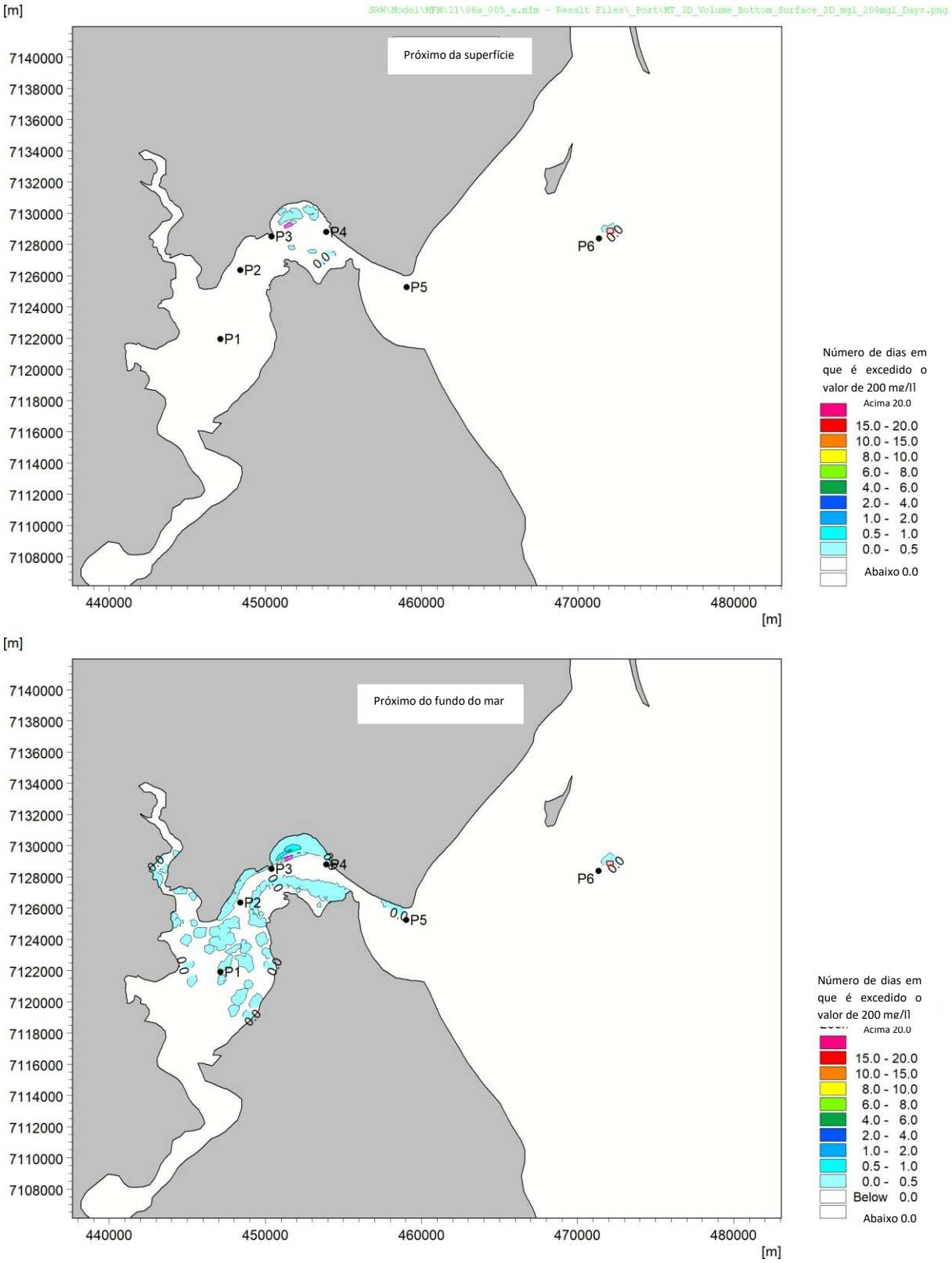


Figura 4-8: Número de dias em que 200 mg/l é excedido.

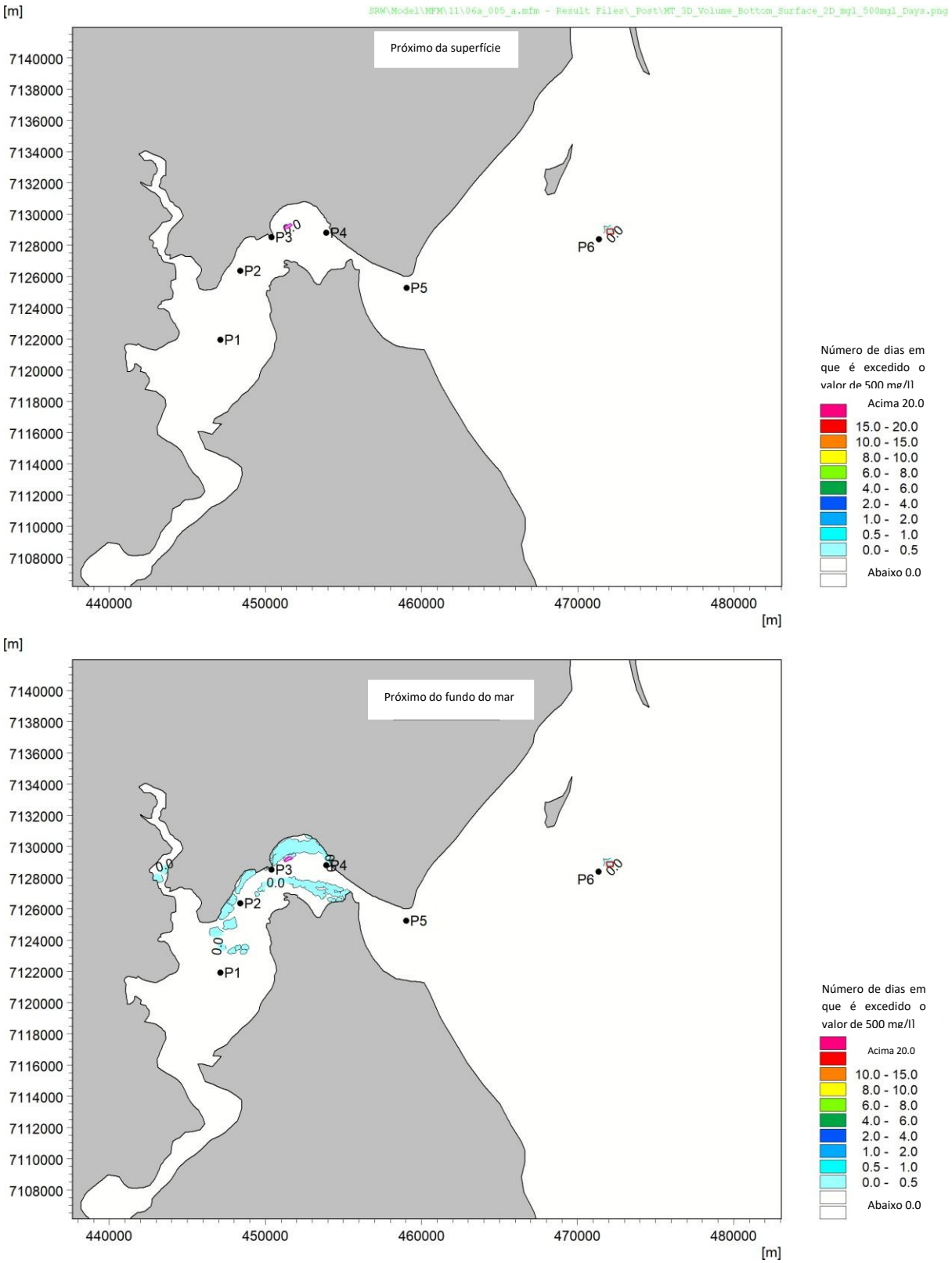


Figura 4-9: Número de dias em que 500 mg/l é excedido.

Estes números mostram que em redor do local de dragagem, as CSS que excedem 10 mg/l são observadas durante a maior parte das operações de dragagem (15 a 20 dias) enquanto valores superiores a 100 mg/l ocorrem por menos de 4 dias. No local de deposição, as CSS excedem 10 mg/l durante 5 dias e 100 mg/l durante 0,5 dias. Os gráficos mostram ainda que, de um modo geral, as SSC são mais elevadas junto ao fundo.

As SSC elevadas observadas nas planícies lodosas em redor da área de dragagem devem-se a partículas sedimentares que foram inicialmente depositadas no fundo marinho e que posteriormente são ressuspensas, originando uma pluma secundária de sedimentos

4.2 Séries temporais de concentração de sedimentos suspensos

As figuras 4-10 e 4-11 apresentam séries temporais de CSS's modeladas próximas do fundo em vários locais da área de interesse. Os gráficos de séries temporais servem para indicar a variação das CSS ao longo do tempo em resposta às actividades de dragagem, bem como o grau em que se espera que os níveis elevados de SSC se dissipem após o término da dragagem. P1 e P2 estão localizados ~8 km e ~4 km a sudoeste do local da dragagem (dentro do estuário do Espírito Santo). P3 e P4 estão localizados ~1 km de cada lado do local de dragagem. P5 está localizada aproximadamente a meio caminho entre a área de dragagem e o local de deposição, enquanto P6 está localizada ~1 km a sudoeste do local de deposição (como indicado na Figura 4-4 a Figura 4-9).

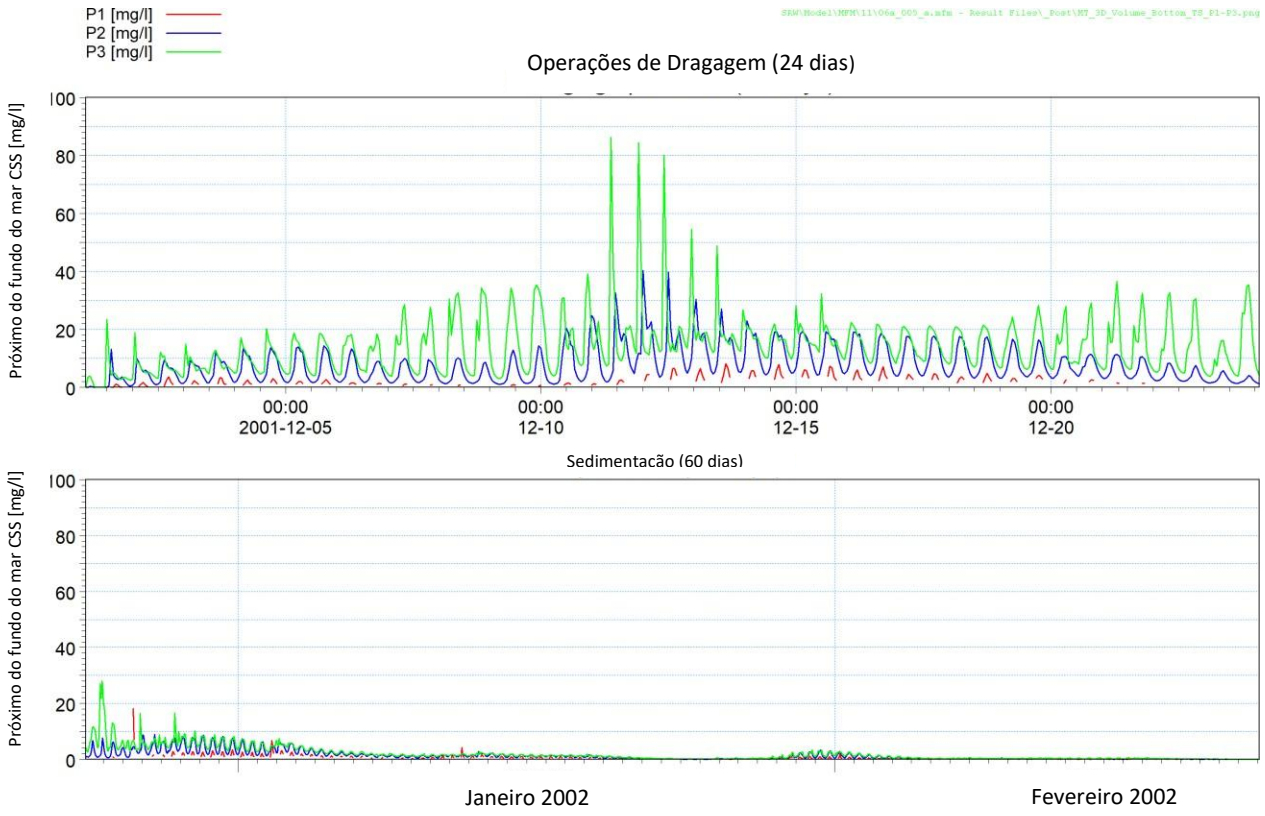


Figura 4-10: Séries temporais de CSS's modeladas perto do fundo marinho em P1 - P3 (Figura 4-4 à Figura 4-9).

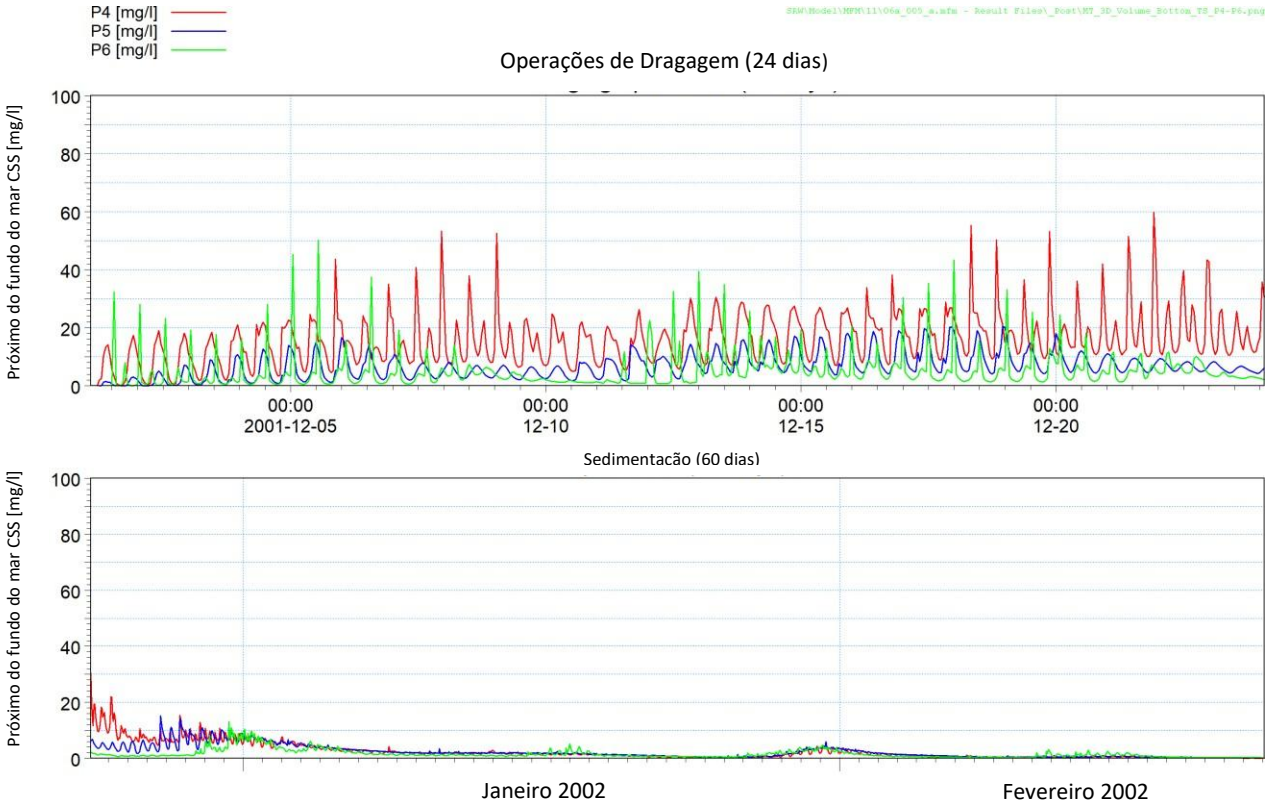


Figura 4-11: Séries temporais de CSS's modeladas perto do fundo marinho em P4 - P6 (Figura 4-4 à Figura 4-9).

Os gráficos de séries temporais de SSC nos seis locais indicam um forte sinal de maré, no qual níveis elevados de concentração de sedimentos em suspensão são transportados ao longo dos locais de análise com a subida e a descida de cada maré. O sinal de marés vivas-mortas também é evidente, uma vez que os sedimentos que se depositariam durante a maré morta são subsequentemente ressuspensos durante a maré viva seguinte.

Os gráficos de séries temporais também mostram que o CSS's desce rapidamente após a conclusão da operação de dragagem.

As SSC modeladas representam o aumento da concentração de sedimentos em suspensão resultante da dragagem proposta, para além dos níveis naturais existentes. Os impactes de turbidez induzidos pela dragagem devem, por conseguinte, ser analisados no contexto das flutuações naturais da turbidez no sistema, conforme discutido na Secção 3.5..

4.3 Espessura do depósito

A espessura máxima da deposição de sedimentos calculada ao longo de toda a simulação de 84 dias, bem como a espessura da deposição no final da simulação são apresentadas na Figura 4-12.

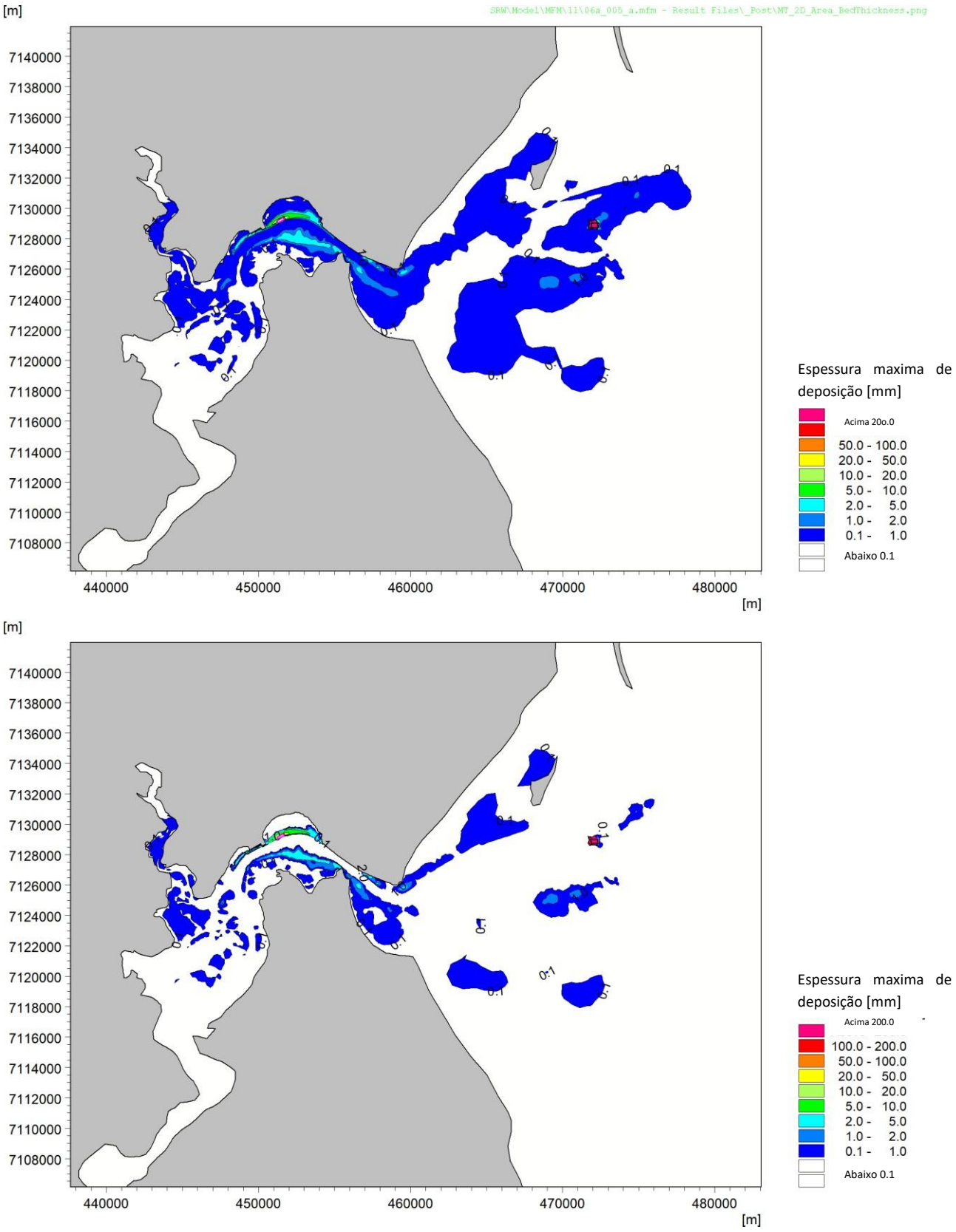


Figura 4-12: Espessura máxima de deposição e espessura de deposição no final da simulação

Os resultados da espessura de deposição indicam que, conforme referido anteriormente, existem várias áreas onde os sedimentos são depositados temporariamente, mas que, devido à ressuspensão, essas áreas são reduzidas até ao final da simulação. No Estuário do Espírito Santo, os bancos de lodo pouco profundos proporcionam algumas zonas favoráveis à deposição, onde foram previstas espessuras de deposição até 20

mm. Na área de deposição, a espessura de deposição excede 1 m, sendo esta área directamente afectada pela descarga de sedimentos, conforme expectável.

Os resultados destinam-se a apoiar a avaliação de potenciais impactes ambientais associados ao soterramento da flora e fauna bentónicas marinhas resultante das operações de dragagem. Caberá ao especialista em ecologia marinha definir um limiar adequado de espessura de deposição, o qual poderá ser superior ao valor mínimo de 0,1 mm apresentado nos gráficos.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Um modelo hidrodinâmico 3D calibrado foi utilizado para prever a extensão da pluma de dragagem gerada pela dragagem de uma bacia do cais destinada ao Powership na Matola.

Os resultados do modelo mostram que em redor do local de dragagem, são observadas concentrações de sedimentos em suspensão (CSS) superiores a 10 mg/l durante a maioria das operações de dragagem (15 a 20 dias), enquanto que excedem 100 mg/l durante menos de 4 dias. No local de deposição, as CSS excedem 10 mg/l durante 5 dias e 100 mg/l durante 0,5 dias. As CSSs diminuem rapidamente após a conclusão da operação de dragagem com duração de 24 dias.

Foram previstas CSSs superiores a 1 000 mg/l tanto na área de dragagem como na área de deposição; no entanto, valores desta ordem ocorrem apenas durante períodos limitados, de algumas horas, devendo por isso ser considerados apenas na avaliação de impactes agudos.

Os resultados da espessura de deposição dos sedimentos indicam que, no Estuário do Espírito Santo, os bancos de lodo pouco profundos proporcionam algumas áreas favoráveis à deposição, onde foram previstas espessuras de deposição até 20 mm. Na área de deposição, a espessura de deposição excede 1 m, sendo esta área directamente afectada pela descarga de sedimentos, conforme expectável.

Os limiares adequados de CSS e de espessura de deposição deverão ser confirmados no âmbito do estudo especializado de ecologia marinha a realizar pela Impacto. Esse estudo de ecologia marinha deverá depois utilizar os resultados deste modelo para avaliar os impactes ecológicos da pluma de dragagem.

É de notar que, dada a limitada informação disponível nesta fase do projecto, foram feitas várias hipóteses em termos de metodologia de dragagem, características dos sedimentos, e parâmetros numéricos que regem a sedimentação, deposição e ressuspensão de sedimentos finos. A abordagem adoptada neste estudo foi deliberadamente conservadora do ponto de vista do potencial impacto ecológico devido a CSS's elevadas. Se os resultados deste estudo suscitarem preocupações ambientais, recomenda-se a implementação de monitorização em tempo real das CSS's durante as operações de dragagem, de modo a permitir a aplicação de medidas de mitigação, tais como restrições ao transbordo de finos a partir da cuba na área de dragagem, sempre que tal se revele necessário.

O sedimento a ser dragado deve também ser testado quanto a possível contaminação e os protocolos aplicáveis, por exemplo, a Convenção de Londres, deve ser implementada, se necessário.

6. REFERÊNCIAS

Anchor Environmental, 2003. *Literature Review of Effects of Resuspended Sediments due to Dredging Operations,* Los Anglese, California, USA: Los Angeles Contaminated Sediments Task Force.

Becker, v. E. v. W. d. L. D. S. K., 2015. Estimating Source Terms for Far Field Dredge Plume Modelling.

Journal of Environmental Management, Volume 149, pp. 282-293.

Bray, R., Bates, A. & Land, J., 1997. *Dredging- A Handbook for Engineers.* 2nd ed. Oxford: Butterworth Heinemann.

DHI, 2023a. *MIKE by DHI Flow Flexible Mesh Model, User Guide,* Copehagen, Denmark: Danish Hydraulics Institute.

DHI, 2023b. *MIKE by DHI Flow Flexible Mesh, Scientific Documentation,* Copenhagen, Denmark: Danish Hydraulics Institute.

DHI, 2023c. *MIKE 21, Spectral Waves FM Module, User Guide,* Copenhagen, Denmark: Danish Hydraulics Institute.

DHI, 2023d. *MIKE 21, Spectral Waves FM Module, Scientific Documentation,* Copenhagen, Denmark: Danishn Hydraulics Institute.

DHI, 2023e. *MIKE C-MAP, Extraction of World Wide Bathymetry Data and Tidal Information, User Guide,*

Copenhagen, Denmark: Danish Hydraulics Institute..

DHI, 2023f. *MIKE 3 Flow Model FM, Mud Transport Module, User Guide,* Copenhagen, Denmark: Danish Hydraulics Institute.

DHI, 2023g. *MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM, Mud Transport Module, Scientific Documentation,*

Copenhagen, Denmark: Danish Hydraulics Institute.

DTU, 2010. *DTU10 - Global Ocean Tide Model,* Lisbon, Portugal: DTU SPACE. ECMWF, 2020.

ECMWF ERA5 Reanalysis model. [Online]

Available at: https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5 [Accessed 11 2020].

FutureWater, 2014. *Water Allocation Models for the Umbeluzi River Basin, Mozambique,* Wageningen, Netherlands: FutureWater.

IMDC, 2012. *Numerical Modelling of Dredge Plume Dispersion, Environmental Impact Assessment windmill farm Rentel, Rev2.0,* Antwerp, Belgium: International Marine & Dredging Consultants.

Jones & Wagner, 2012. *TCM Phase 4 Development, Geotechnical Investigation, Addendum Report – Lab test results, Report No. JW039/12/C928 – Rev 0,* s.l.: Jones & Wagner.

NCEP, 2012. *National Weather Service Environmental Modeling Centre.* [Online]

Available at: http://polar.ncep.noaa.gov
[Accessed 14 November 2012].

PRDW, 2021. *ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT FOR LNG IMPORTATION USING A FSRU AT MATOLA:*

Physical Marine Specialist Study Update S2001-178-RP-CE-001-RA, Cape Town: PRDW.

PRDW, 2022a. *Maputo Powership Concept Study – Project Note. S2137-6-TN-001-RC,* Cape Town: PRDW.

PRDW, 2022b. *Matola Powership Dredging Works Tender Comparison S2137-6-TD-PM-001,* Cape Town: PRDW.

Saide, V. F., 2000. *Tides, Circulation and Water Masses in Maputo Bay,* Gothenburg, Sweden: Gothenburg University.

SEED, 2010. *Dredging of the Access Channel to Maputo Port, Simplified Environmental Study,* s.l.: Sociedade de Engenharia e Desenvolvimento Lda.

SRTM, 2020. *Shuttle Radar Topography Mission ,* Washington, D.C., United States: NASA.

EE-3

Relatório de Estudo de Impacto Ambiental Resultante da Dragagem na Macrofauna Aquática, Plâncton, Ictiofauna, Mangais e Salinas

Índice

SUMÁRIO EXECUTIVO 5
ABREVIATURAS E DEFINIÇÕES 6

1. INTRODUÇÃO E METODOLOGIA **7**

1.1. ESCOPO E OBJECTIVO 7
1.2. ABORDAGEM E METODOLOGIA 7
1.3. METODOLOGIA DO ESTUDO DOCUMENTAL 7
1.4. ESTUDO DE CAMPO 8
1.5. PRESSUPOSTOS E LIMITAÇÕES 9
1.6. FONTES DE INFORMAÇÃO 9
1.6.1. Padrões e Directrizes 9

2. DESCRIÇÃO DOS ASPECTOS DO PROJECTO RELEVANTES AOS IMPACTOS DE RUÍDO **11**

2.1. DESCRIÇÃO DETALHADA DO PROJECTO 11

3. IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RUÍDO **12**

3.1. FONTES DE RUÍDO DO PROJECTO DURANTE A FASE DE CONSTRUÇÃO 12
3.2. FONTES DE RUÍDO DO PROJECTO DURANTE A FASE OPERACIONAL 12

4. IDENTIFICAÇÃO DE QUESTÕES-CHAVE **16**

5. LEGISLAÇÃO E DIRECTRIZES PERTINENTES **17**

6. RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO DO RUÍDO DE FUNDO **18**

7. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO RUÍDO **26**

7.1. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS 26
7.2. FASE DE CONSTRUÇÃO (LINHA ELÉCTRICA) 26
7.3. FASE OPERACIONAL 29
7.4. FASE DE DESACTIVAÇÃO 31
7.5. IMPACTOS CUMULATIVOS 31

8. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES **32**

REFERÊNCIAS 33
APÊNDICES 35
APÊNDICE A: CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO 35
APÊNDICE B: NÍVEIS TÍPICOS DE POTÊNCIA SONORA E PRESSÃO SONORA 36
APÊNDICE C: CREDENCIAIS DE ESPECIALISTA 37
APÊNDICE D: METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO 40
APÊNDICE E: SELECÇÃO DO PERFIL DE RUÍDO 43

Índice de Figuras

Figura 1: Localização e implantação do local para o terminal da Karpowership proposto na Matola. (desenho PRDW ref. S2137-6-DR-CE-102-B)..... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 2 Os locais propostos para a eliminação de dragagens ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 3: Mapa batimetrico representando a área de dragagem (rectangulo azul) e a área de despejo número 3 (rectângulo rosa). (desenho PRDW ref. S2137-6-DR-CE-102-B)**Error! Bookmark not defined.**
Figura 4: Áreas de amostragem sendo representados por: Área controlo (A1 - Azul); Áreas mais afectadas (A2 e A3 - vermelho); Áreas moderadamente afectadas (A4 e A5 - laranja) e Áreas de baixo impacto (A6 - amarelo). Estuário do Espírito Santo, Baía de Maputo. ... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 5: Densidade percentual dos principais grupos taxonómicos/classes de fitoplâncton (% de indivíduos. L, I – Impacto) ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 6: Índices de Diversidade de Shannon-Wienner (H'), de Riqueza de Margalef's (R) e Índice de Equitabilidade de Pielou (J'), nas diferentes áreas de amostragem. ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 7: concentração de clorofila "a" nas diferentes áreas de amostragem. (µg/l)...**Error! Bookmark not defined.**
Figura 8:Fitoplancton da classe Mediophyceae. A) Bidulphia sinensis; b) Cyclotela sp; c) Ditylum brightwelli; d) Bellerochea sp. ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 9: Fitoplâncton da classe Dinophyceae: a) Prorocentrum lima; - Classe Coscinodiscophyceae: b) Coscinodiscus centralis; - c) Triceratium sp.; - Classe Bacillariophyceae: d) Thallassionema nitzschioides; e) e f) Pleurosigma sp. ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 10: Densidade percentual dos principais grupos taxonómicos/classes de zooplâncton (% de indivíduos. L, I – Impacto) ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 11: Índices de Diversidade de Shannon-Wienner (H'), de Riqueza de Margalef's (R) e Índice de Equitabilidade de Pielou (J'), nas diferentes áreas de amostragem. ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 12: Densidade relativa dos principais grupos taxonómicos/classes da macrofauna bentónica (nr. de Individuos.m-2, I – impacto) ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 13: Macrofauna da classe Polychaeta obtida nas áreas amostradas (A) Orbiniidae, (B) Neredidae, (C) Magelona cincta, (D) Oweniidae, (E) Terebellidae, (F) Orbibiniidae**Error! Bookmark not defined.**
Figura 14: Macrofauna da classe Bivalvia obtida nas áreas amostradas (A) Terebridae, (B) Donacidae, (C) Naticidae, (D) Mitridae, (E) Veneridae ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 15: Macrofauna da classe Bivalvia obtida nas áreas (A) Ophiuroidea, (B) Paneidade, (C) Golfingidae ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 16: Índices de Diversidade de Shannon-Wienner (H'), de Riqueza de Margalef's (R) e Índice de Equitabilidade de Pielou (J'), nas diferentes áreas de amostragem. ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 17: Áreas de pesca no estuário do Espírito Santo: Azul (Matola rio - Área não afectada), Vermelho (Infulene - Área Mais afectada), Verde (Katembe - Área Moderadamente afectada). . **Error! Bookmark not defined.**
Figura 18 Katembe - Centro de Incassane e Área de mangal associada. (Adaptado de Impacto, Versão 01LC) 46
Figura 19 Salinas representadas a verde notando-se a sua proximidade a área de instalação da Central Flutuante (Adaptado de Impacto, Versão 01LC)..... 48

Índice de Tabelas

Tabela 1: Representação quantitativa da área e volume a ser dragado. (Bolsão de cais da Powership) ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabela 2: Parâmetros físico-químicos no estuário do Espírito Santo incluindo metais pesados. .. **Error! Bookmark not defined.**
Tabela 3: Classificação do Impacto quanto a probabilidade, Intensidade, Extensão e Duração.... **Error! Bookmark not defined.**
Tabela 4: Classificação do Impacto quanto a Magnitude. ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabela 5: Classificação do Impacto quanto à Significância. ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabela 6: Sumário do Plano de monitoria ambiental 51
Tabela 7: Medidas e requisitos de mitigação identificados, as entidades responsáveis pela implementação e entidades supervisoras. 56

1. INTRODUÇÃO

A Electricidade de Moçambique, E.P. (EDM) e a Karpower Global DMCC (Karpowership) em consórcio, pretendem desenvolver um Projecto de instalação e operação de uma Central Termoeléctrica Flutuante de Produção de Energia com uma capacidade instalada de 415 MW, uma Linha de Transporte de Energia com cerca de 4.0 km que liga a Central à subestação de 275 KV da Matola e um gasoduto de 3 km conectado a partir da CTM (Central Térmica de Maputo) para transferir gás natural para a Central Flutuante localizado no Estuário do Espírito Santo, no Porto de Maputo, na Cidade da Matola, Província de Maputo. Este Projecto é designado "Projecto da Central Termoeléctrica Flutuante de Maputo" (doravante designado por Projecto).

Este documento faz parte do Relatório de Estudo de Impacto Ambiental elaborado em cumprimento do Decreto 54/2015, de 31 de Dezembro, na sequência da categorização do Projecto proposto como "Categoria A" pelo Ministério da Terra e Ambiente (MTA).

O Estuário do Espírito Santo possui uma flora e fauna apreciável, fornecendo assim bens e serviços às comunidades circunvizinhas. O Estuário possui uma extensa área de Mangal representado principalmente pela espécie *Avicenia marina,* e 5 outras espécies cuja distribuição é esparsa*: Rhizophora mucronata, Ceriops tagal, Bruguiera gymnorhiza, Xylocarpus granatum* e *Lumnitzera racemosa.* Espécies arbóreas e arbustivas associadas ao mangal bem como plantas halófitas ocorrem na região podendo-se destacar dentre as arbóreas e arbustivas as espécies *Hibiscus tiliaceus, Thespesia pupulnea, Brexia madagascarienses, Derris trifoliata e Phoenix reclinat,* e dentre as halófitas as espécies *Sezuvium portulacastrum, Arthrocnemon sp., e Salicornia sp.* O Estuário do Espírito Santo, possui também na sua margem Norte, uma área pantanosa que periodicamente fica coberta de água, estando algumas espécies de halófitas e gramíneas associadas a esta zona.

Crustáceos (ex: *Scylla serrata, Uca annulipes, Uca gaimardi e Uca vocans*), gastrópodes (ex: *Littoraria scabra e Cerithidea decolata*) e alguns vertebrados (*Periophthalmus argentilineatus*), estão também associados a esta zona, possuindo algumas destas espécies importância socioeconómica para as comunidades na região. A pesca é uma das actividades socioeconómicas de maior importância para as populações circunvizinhas. Três centros de pesca estão directamente associados ao Estuário do Espírito Santo sendo dois pertencentes aos distritos de Maputo e Matola (Centro de Pesca do Língamo, que possui diferentes zonas de pesca, e o Centro de Pesca de Luís Cabral) e um pertencente ao distrito municipal da Katembe (Centro de pesca de Incassane). Diversas espécies de peixes, crustáceos e bivalves são capturadas e comercializadas; algumas destas espécies usam a zona como corredor de migração entre a Baia de Maputo e a zona a montante do Estuário sendo então partilhadas por outros centros de pesca dentro da Baia de Maputo.

1.1. Descrição do Projecto

A Karpowership prevê no presente projecto, atracar uma das suas centrais flutuantes da classe Khan de modo a estabelecer um projecto de geração de energia flutuante de curto prazo (3 anos) na Matola (Estuário do Espírito Santo), na Baía de Maputo (**Error! Reference source not found.**).

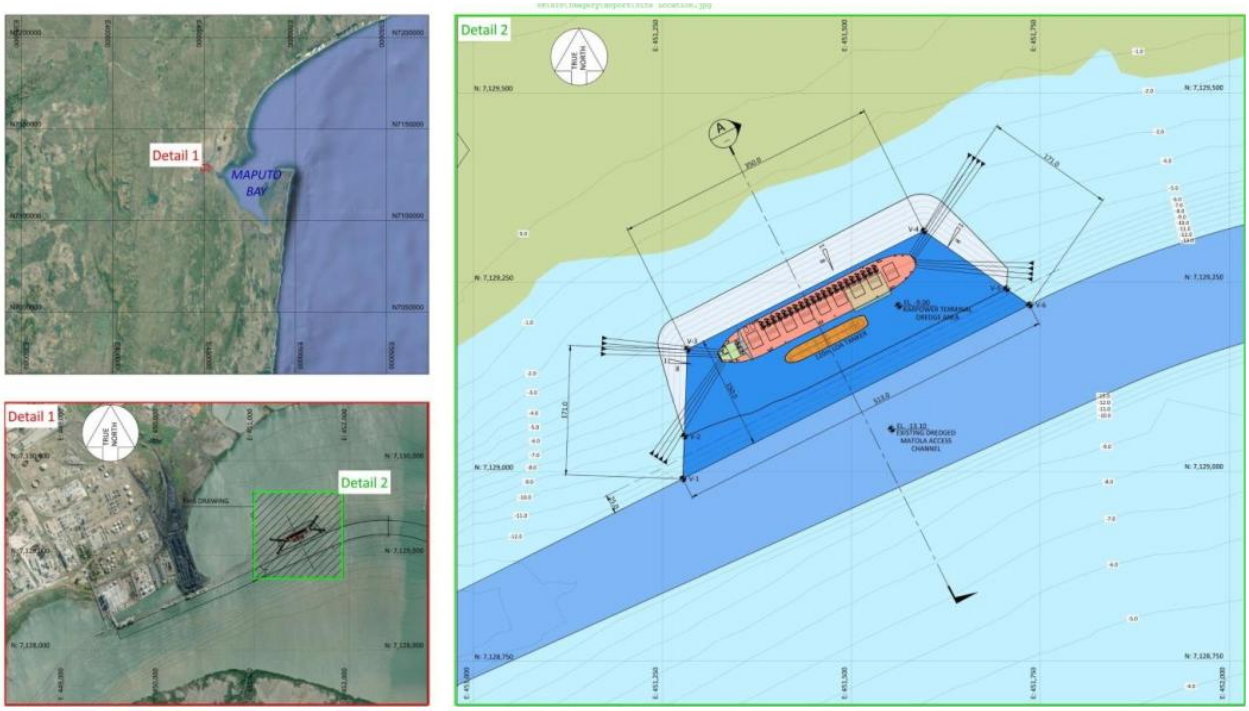


Figura 1: Localização e implantação do local para o terminal da Karpowership proposto na Matola. (desenho PRDW ref. S2137-6-DR-CE-102-B)

1.2. Descrição do processo de dragagem

Actividades humanas tais como a dragagem, têm sido das principais actividades responsáveis pelo aumento de turbidez, ressuspensão de materiais e metais que estavam presos no sedimento, influenciando dessa forma nos processos naturais e afectando a biota local. No presente projecto, a dragagem será realizada próximo ao Terminal de Carvão da Matola (**Error! Reference source not found.**) sendo que o material dragado será libertado em área previamente designada pelo porto de maputo como "disposal Site 3" – área de deposição 3 (**Error! Reference source not found.**). O volume de dragagem estimado para o espaço de atracação designado é de 181 493 m^3 (**Error! Reference source not found.**), onde, de acordo com o estudo especializado de pluma de dragagem, se assumiu o uso de uma única Draga de Sucção em Movimento com Cuba (área de transporte de cargas – sedimentos, areia, cascalho, etc., em dragas autotransportadoras – TSHD), com um volume de cuba de 4 643 m^3.

As estimativas dos consultores para os volumes de dragagem foram determinadas no âmbito do Estudo Conceptual Karpowership Maputo Powership. Note-se que estes volumes são calculados com

base nas fontes de dados publicamente disponíveis e recomenda-se que estes volumes sejam verificados em relação aos dados mais recentes do levantamento batimétrico, quando disponíveis.

Tabela 1: Representação quantitativa da área e volume a ser dragado. (Bacia do cais da Powership)

Dragagem da bacia do cais da Powership[2]	Unidade	Quantidade
Área planeada a ser dragada	m^2	66 400
Volume dragado	m^3	181 493

Os volumes apresentados excluem dragagens adicionais que possam ser necessárias para a colocação das âncoras. Com base em estudos recentes de dragagem na zona da Matola, assume-se que o local de deposição 3 tem capacidade restante suficiente para receber o material dragado, mesmo depois de ter sido considerado o amontoamento durante o transporte e deposição. A **Error! Reference source not found.** apresenta os locais propostos para a deposição de dragagens.

[2] Bacia de dragagem - Quando a dragagem foi efectuada ao longo de um cais ou posto de acostagem, tornando o fundo do mar ou o leito do rio mais baixo do que o canal de aproximação adjacente - criando uma bacia de águas mais profundas ao longo do cais ou posto de acostagem.

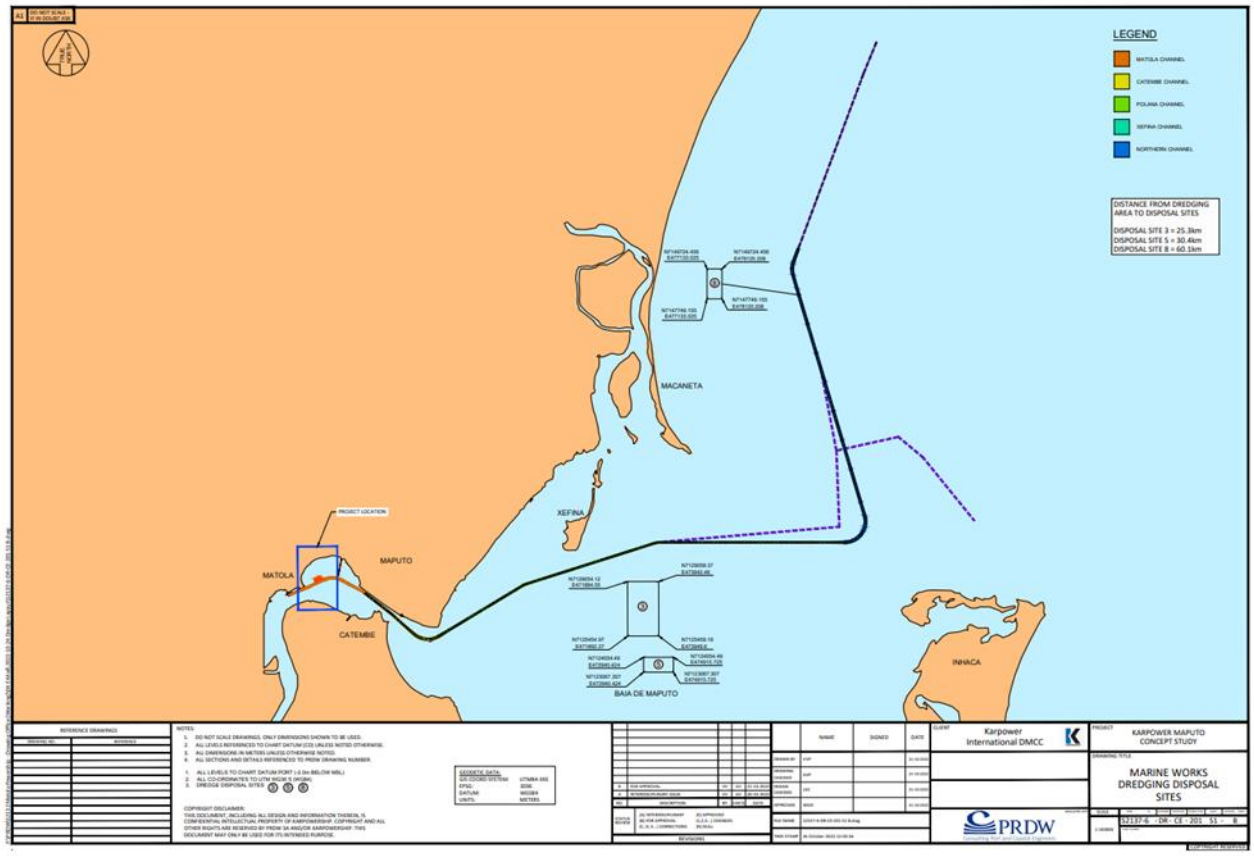


Figura 2: Os locais propostos para a eliminação de dragagens

Durante o processo de dragagem, as plumas de dragagem podem ser geradas tanto no local de dragagem como no local de deposição. A cabeça da draga/corte causa uma perturbação do fundo e uma consequente pluma perto do fundo. A pluma de transbordo é criada a partir da descarga de uma mistura de água e sedimentos, designados “sedimentos de cuba” devido à dragagem contínua, uma vez excedida a capacidade da cuba. A implementação de uma válvula de transbordo (geralmente referida como "válvula verde" ou "válvula ambiental") minimiza a entrada de ar na mistura água-sedimento e resulta na formação de um jacto de sedimento que precipita em direcção ao fundo, reduzindo assim a concentração de sedimentos em suspensão nas águas superficiais em redor da draga. A maioria das partículas finas do transbordo é assim transportada de volta para o fundo, enquanto o restante é arrastado na coluna de água (volume de água que se estende desde a superfície até aos sedimentos no leito do corpo aquático) para formar uma pluma. A turbulência da hélice resulta na ressuspensão dos sedimentos depositados no leito a partir do transbordo, e é convencionalmente considerada como parte da pluma de transbordo.

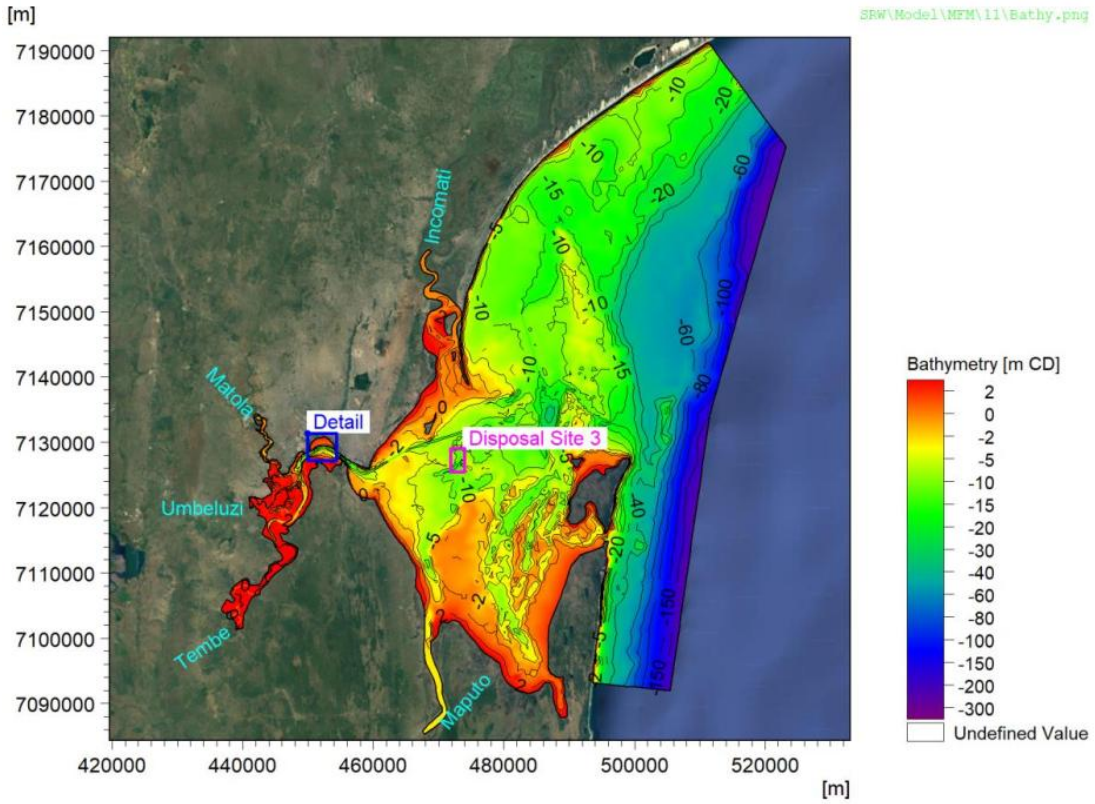


Figura 3: Mapa batimétrico representando a área de dragagem (rectângulo azul) e a área de deposição número 3 (rectângulo rosa). (desenho PRDW ref. S2137-6-DR-CE-102-B)

1.3. Objectivos do estudo

O presente estudo tem como objectivo avaliar os impactos directos e indirectos resultantes da dragagem e da dispersão da pluma no ambiente marinho com foco nos recursos pesqueiros e na produtividade primária e secundária deste ecossistema, tanto na área de influência directa, como na área de influência indirecta do Projecto. Nesse contexto, o presente estudo realizou as seguintes tarefas:

- Identificação da biota aquática na fase anterior à dragagem.
  - Colecção e identificação das espécies de fitoplâncton, zooplâncton, macrobentos e ictiofauna que ocorrem na área afectada pela dragagem, bem como na área não afectada pela dragagem, referida também como área controle.
  - Descrição detalhada dos macrobentos, fitoplâncton, zooplâncton e ictiofauna que ocorrem na área de estudo.
- Identificação e avaliação dos potenciais impactos da dragagem e pluma de dragagem no ambiente marinho.
- Identificação das medidas de mitigação para minimizar ou eliminar potenciais impactos da dragagem e pluma de dragagem no ambiente marinho.

- Elaboração de recomendações para inclusão no Plano de Gestão Ambiental incluindo um programa de monitoramento da aplicação das medidas de mitigação dos potenciais impactos no ambiente marinho e habitats na fase de dragagem.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

O trabalho foi realizado na boca do estuário do Espírito Santo, na zona de dragagem e arredores, tendo sido os pontos de amostragem definidos de acordo com o provável impacto que cada secção da boca do estuário do Espírito Santo poderia sofrer com o processo de dragagem. Desta forma foram definidas 4 áreas, com base em análises oceanográficas sobre a direcção das correntes tendo em vista a probabilidade de assoreamento e níveis de turbidez. As presentes áreas foram divididas em: Área Controlo (A1 – baixa ou nenhuma probabilidade de assoreamento e elevados níveis de turbidez), Áreas mais afectadas (A2 e A3 - Alta probabilidade de assoreamento e elevados níveis de turbidez), Áreas moderadamente afectadas (A4 e A5 - moderada probabilidade de assoreamento e elevados níveis de turbidez) e Áreas de baixo impacto (A6 - baixa probabilidade de assoreamento e elevados níveis de turbidez). Para mais detalhes veja a **Error! Reference source not found.** abaixo representada.

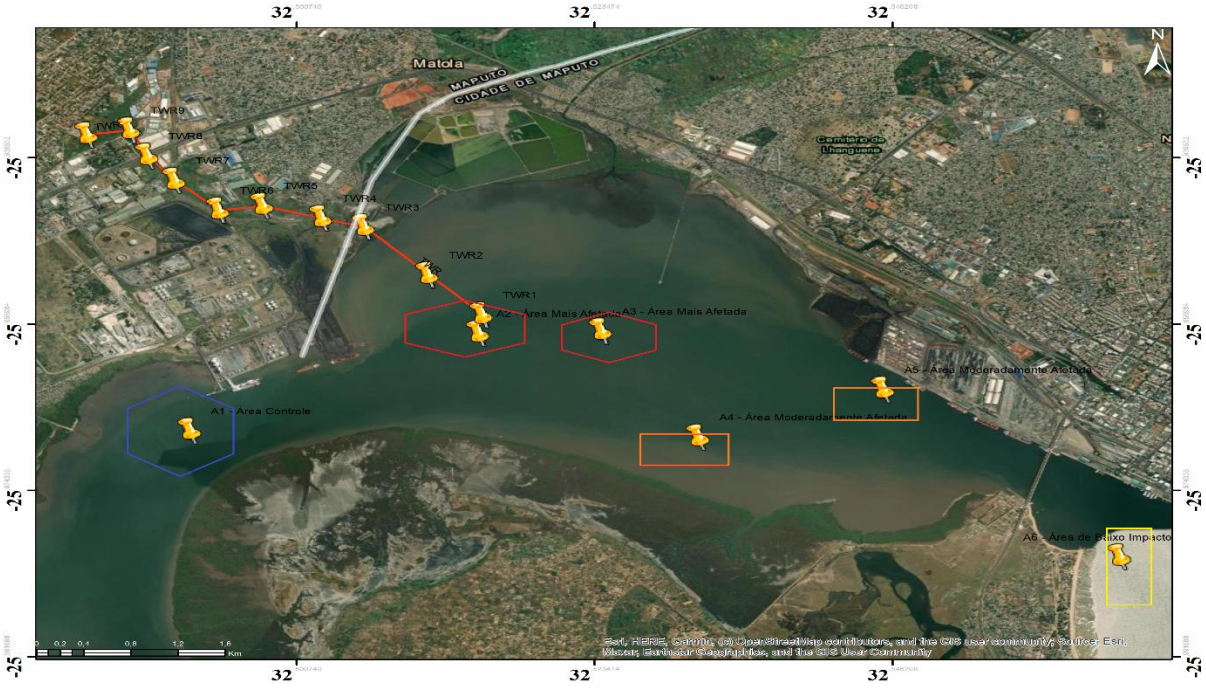


Figura 4: Áreas de amostragem sendo representados por: Área controlo (A1 - Azul); Áreas mais afectadas (A2 e A3 - vermelho); Áreas moderadamente afectadas (A4 e A5 - laranja) e Áreas de baixo impacto (A6 - amarelo). Estuário do Espírito Santo, Baía de Maputo.

2.2. Métodos

A colecta de amostras foi baseada em metodologia específica para cada grupo de organismo pretendido. A amostragem foi realizada durante o início da época chuvosa, tendo-se colhido os dados ao final do mês de Novembro de 2022 e nas duas primeiras semanas do mês de Dezembro de 2022. As amostras de fitoplâncton, zooplâncton e macrobentos foram colectadas directamente nos pontos

referidos na **Error! Reference source not found.**, ao passo que a amostragem de peixes foi realizada com base em entrevistas e observação *in loco* em centros de pesca e mercados de peixe situados nos arredores. De referir que poderão ocorrer alterações sazonais na observação das espécies de peixes.

2.2.1. Plâncton

2.2.1.1. Fitoplâncton

Foi realizada a colecta de água superficial para a análise qualitativa e quantitativa de fitoplâncton utilizando-se uma rede de malha de 20 µm. Para a amostragem qualitativa foram realizados arrastos em cada um dos 6 pontos de amostragem, sendo o filtrado colectado em uma garrafa de 100 ml e preservado em lugol (fixante, preservante e colorante na base de iodo, específico para microalgas) para posterior análise laboratorial. Foram também colectadas amostras quantitativas incluindo a análise de clorofila "a" que foram preservadas em frascos de 100 ml e 1 l.

2.2.1.2. Zooplâncton

Com o auxílio de um colector foram obtidas à superfície 5 l de água que foram filtrados em uma rede de malha de 45 µm, sendo o filtrado conservado em um frasco de 100 ml e preservado em formalina a 10% para posterior analise laboratorial.

2.2.2. Macrobentos

A recolha de amostras da macrofauna bentónica no estuário do Espírito Santo e no canal fluvial, foi realizada com uma draga de Peterson de 0,1 m^3, através da captação de sedimentos nas diferentes estações de amostragem. Em cada estação de amostragem foram colectadas três amostras de sedimento que foram *a posteriori* crivadas em crivos de malha de 0,5 mm, para separar a macrofauna bentónica do sedimento. Os organismos presentes no crivo foram cuidadosamente colectados com pinças e introduzidos em frascos plásticos de 500 ml, devidamente rotulados e preservados com formaldeído neutralizado a 4% para posterior identificação laboratorial até o menor nível taxonómico possível, utilizando-se um estereomicroscópio binocular quando necessário.

2.2.3. Ictiofauna

A informação sobre as espécies de ictiofauna foi adquirida com base em revisão bibliográfica e amostragens de campo realizadas junto a pescadores que operam na área. Por ter sido uma época baixa de pesca não foi possível obter amostras para análise laboratorial; desta forma, a maior parte da informação sobre as espécies de pescado que ocorrem foi baseada em inquéritos feitos aos pescadores que operam nos diferentes centros de pesca.

Nota: No presente subcapítulo foram consideradas não somente as espécies de peixe como também todo o outro pescado de ocorrência e que possua importância comercial.

3. RESULTADOS DA ANÁLISE DE BASE E DISCUSSÃO

3.1. Fitoplâncton

Foram identificadas cerca de 20 espécies de fitoplâncton pertencentes a 4 classes, nomeadamente Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae, Dinophyceae e Mediophyceae. Estes resultados demonstram claramente uma baixa diversidade de espécies que pode ter sido influenciada por factores físico-químicos.

A nível de classes a maior abundância foi verificada para a classe Mediophyceae, seguida da classe Coscinodiscophyceae sendo que ambas as classes fazem parte do grupo de diatomáceas cêntricas planctónicas.

A classe Mediophyceae foi a mais abundante em todas as áreas de amostragem, com mais de 60% de representatividade. A área de controlo apresentou todas as 4 classes, sendo que a classe Dinophyceae não foi observada tanto na área moderadamente afectada quanto na área de baixo impacto. Ainda que presente nas áreas mais afectadas, o seu valor é discriminatório pois representa menos de 1% do total de classes (**Error! Reference source not found.**).

As classes Bacillariophyceae (diatomáceas penadas) e Dinophyceae (dinoflagelados heterotróficos) foram as menos abundantes. Diatomáceas representam no fitoplâncton um grupo importante na produção primaria estuarina sendo utilizadas como bioindicadores por apresentarem um ciclo de vida curto e responderem rapidamente às mudanças ambientais, como variações de nutrientes, luz, salinidade e regime de marés (Moura *et al.,* 2021). Diatomáceas cêntricas com especial enfase para espécies dos géneros *Coscinodiscus* e *Thalassiosira*, os quais foram identificados em todos os pontos de amostragem, são consideradas indicadoras de águas poluídas e ricas em nutrientes (Verlercar et al.,2006). Diversos estudos demonstraram que a presença de um alto número de diatomáceas tende a ser maior em portos e estuários (Anjos, 2012). A abundância e distribuição de espécies de fitoplâncton em estuários está amplamente relacionada a questões climatológicas, com enfase para o regime pluviométrico. O presente estudo foi realizado durante o início da época chuvosa o que resulta numa ampla variação dos parâmetros ambientais, com redução da salinidade e aumento de nutrientes e material particulado em suspensão na coluna de água, que por sua vez causa uma redução na camada fótica e na transparência da água, podendo tais factores ter afectado a sua abundância e distribuição. Diatomáceas são também mais resistentes a derrames de óleos, porém, em quantidades superiores a 1.5 mg/l, a sua actividade metabólica reduz (de la Cruz, 1982). No entanto, de acordo com o sugerido por de la Cruz, 1982, no presente estudo o nível de óleo pode não ter influenciado a dominância de espécies dado que se encontrava abaixo de 1 mg/l em todos os pontos de amostragem de acordo com os dados sobre a qualidade de água nesta zona (**Error!**

Reference source not found.Error! Reference source not found.). Os limites para os parâmetros de qualidade da água estuarina e costeira estão representados em tabela no Anexo 3: Limites para a qualidade de água estuarina na costa este de África (Republic of South Africa, Department of Forestry, Fisheries and the Environment (2022)). Os padrões foram dados com base nos padrões de qualidade da água costeira e marinha propostos pela África do Sul com enfase para a costa Este banhada pelo Oceano Índico. Moçambique, com especial destaque para Maputo, não possui de momento os padrões para a qualidade costeira e estuarinas, sendo a África do Sul o ponto de referência mais próximo.

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos no estuário do Espírito Santo, incluindo metais pesados.

ÁGUA						
	Métodos analíticos	**Unidade de Medida**	**A1**	**A2**	**A 3**	**A4**
Parâmetros físico-químicos						
Temperatura	Sonda multiparamétrica (*in situ*)	ºC	26.1	26.3	26.6	26.2
pH (potencial hidrogeniónico)	Sonda multiparamétrica (*in situ*)		6.7	6.7	6.7	6.8
TDS (total de sólidos dissolvidos)	Sonda multiparamétrica (*in situ*)	mg/L	58.9	58.6	58.6	58.5
COD (demanda química de oxigénio)	Sonda multiparamétrica (*in situ*)	mg/L	1.99	2.02	2.08	2.01
TSS (total de sólidos em suspensão)	Sonda multiparamétrica (*in situ*)	mg/L	132.8	132.6	124.3	140.9
Condutividade	Sonda multiparamétrica (*in situ*)	mS	87.9	91.06	87.5	97.8
Turbidez	Sonda multiparamétrica (*in situ*)	NTU	80	79.9	74.9	84.8
Óleos e Graxas	SMEWW* 5220D:2017	mg/L	<1.0 (LQ)	<1.0 (LQ)	<1.0 (LQ)	<1.0 (LQ)
Chumbo	SMEWW* 3120D:2017	mg/L	0.017	<0.001 (LQ)	<0.001 (LQ)	<0.001 (LQ)
Cobre	SMEWW* 3120D:2017	mg/L	0.009	<0.001 (LQ)	<0.001 (LQ)	<0.001 (LQ)
Ferro	SMEWW* 3120D:2017	mg/L	0.061	0.025	0.005	0.009
Zinco	SMEWW* 3120D:2017	mg/L	0.036	0.019	0.002	<0.001 (LQ)
Crómio	SMEWW* 3120D:2017	mg/L	0.027	<0.001 (LQ)	<0.001 (LQ)	<0.001 (LQ)

* Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

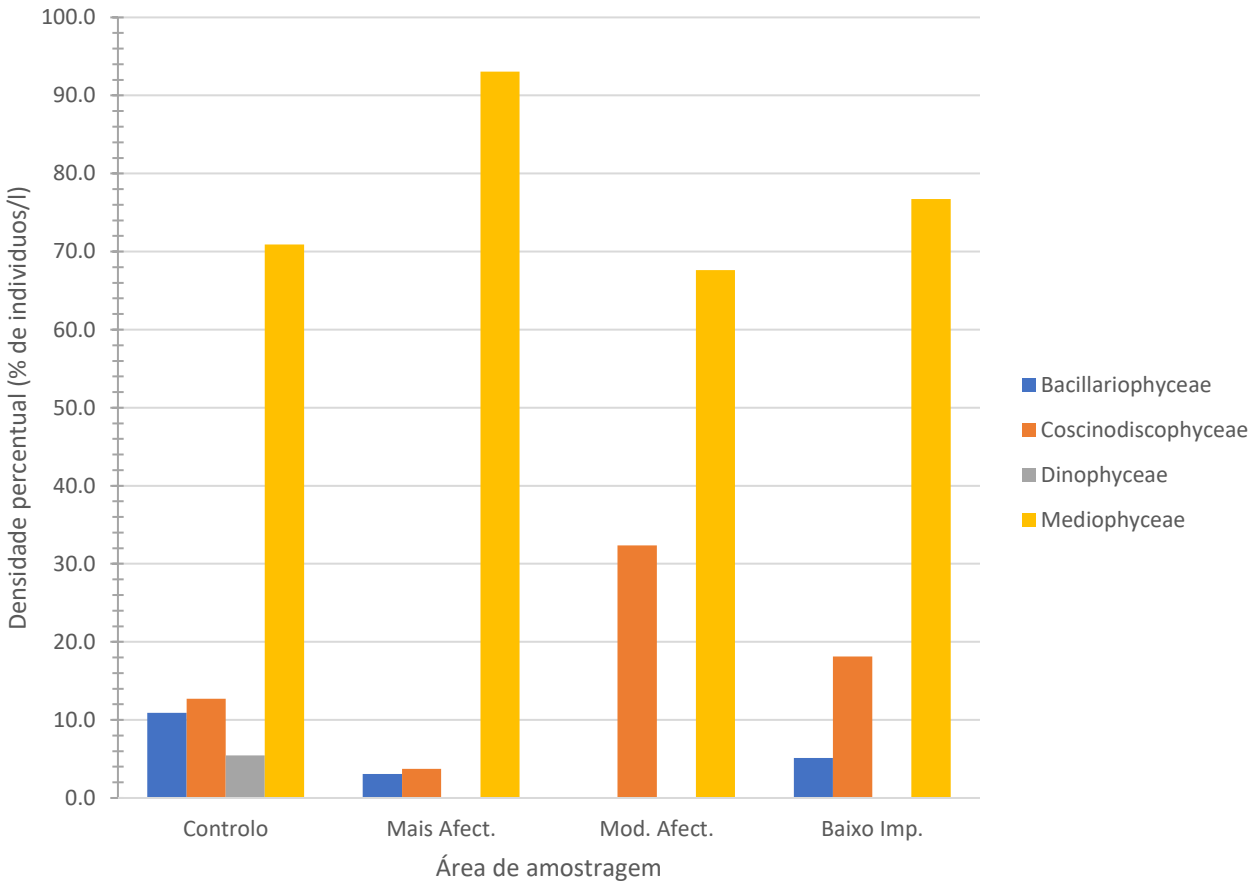


Figura 5: Densidade percentual dos principais grupos taxonómicos/classes de fitoplâncton (% de indivíduos. L, I – Impacto)

Os índices de diversidade de Shannon-Wienner (H'), de equitabilidade de Pielou (J') e o índice de Riqueza de Margalefs estão apresentados na **Error! Reference source not found.**.

O índice de Margalef demostra um certo grau de riqueza em todas áreas de amostragem sendo que a área controlo (R' = 2.0) e as áreas moderadamente afectadas (R' = 1.98), apresentaram maior riqueza específica, seguido pelas áreas de baixo impacto (R = 1.83), seguido pelas áreas mais afectadas (R' = 1.69). Entretanto, de acordo com os dados obtidos pelo índice de Shannon Wienner, bem como pelo índice de equitatibilide, observa-se uma baixa diversidade e uma alta heterogeneidade de espécies demonstrando uma dominância de espécies.

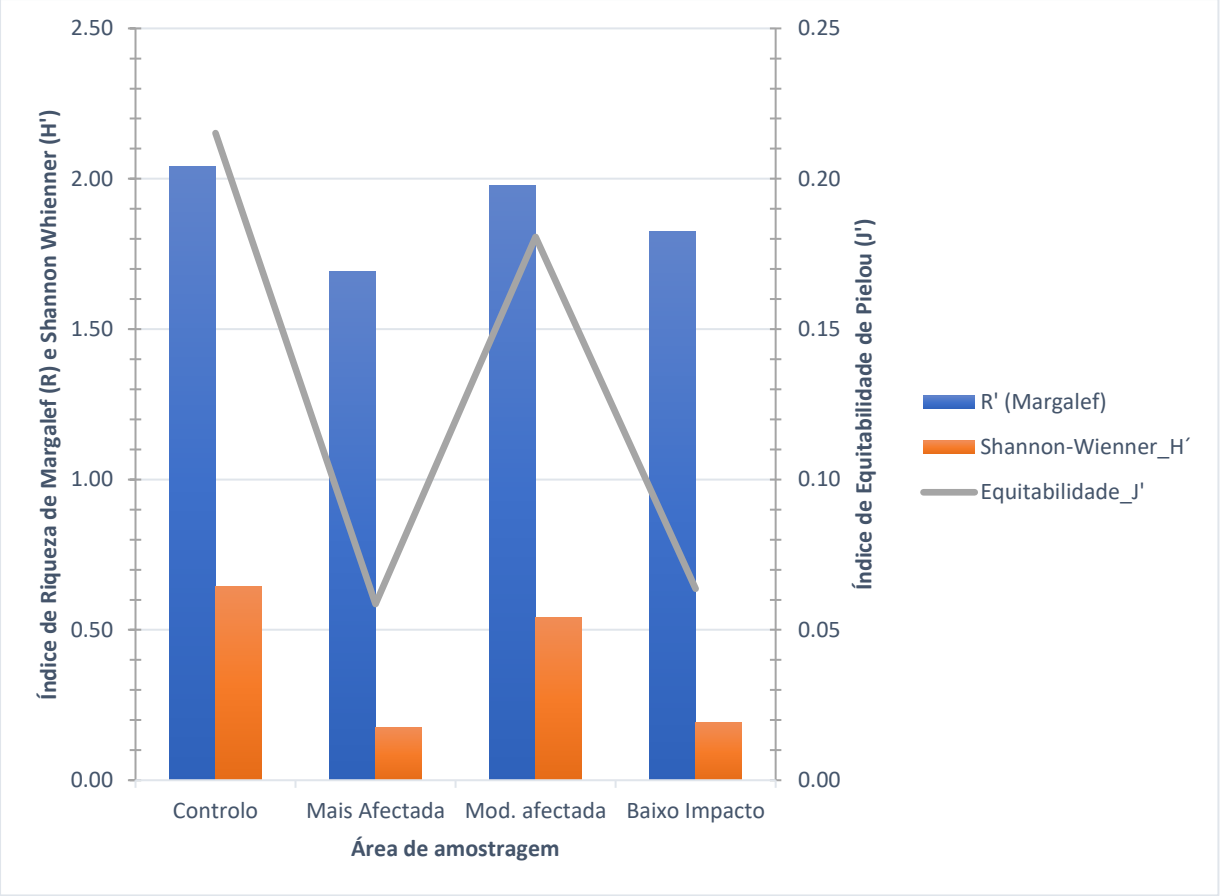


Figura 6: Índices de Diversidade de Shannon-Wienner (H'), de Riqueza de Margalef's (R) e Índice de Equitabilidade de Pielou (J'), nas diferentes áreas de amostragem.

Os níveis de concentração de clorofila "a" na presente campanha apresentaram-se de maneira geral baixos *(**Error! Reference source not found.***), com concentrações abaixo de 1 µg/l, sendo que área moderadamente afectada apresentou níveis mais altos, com 0.61 µg/l, o que pode estar relacionado ao facto de esta zona estar mais próxima ao habitat de mangal, sendo assim uma zona mais protegida.

As áreas com os valores mais baixos foram as áreas mais afectadas, com 0.24 µg/l. Tais valores podem reflectir o nível de nutrientes na água na presente campanha.

De maneira geral, com base nos dados de clorofila "a", o estuário apresentava-se no estado oligotrófico < 5µg/l (Bertoldi, 2013), observados em todos os pontos amostrais, representando assim um baixo crescimento fitoplanctónico, que pode estar relacionado a uma baixa entrada de nutrientes, como também ao alto nível de turbidez que variou entre os 74 e 84 NTU. Este facto pode ser explicado pelo motivo de que o trabalho foi realizado durante o período de sizígia[3] onde se espera o maior

[3] Conjunção da Terra, da Lua e do Sol, na lua nova e na lua cheia, quando as marés altas são maiores e as marés baixas são menores, que provoca as chamadas marés de águas-vivas (ex.: maré de sizígia).

revolvimento levando a um alto nível de material inorgânico particulado em suspensão (Bertoldi, 2013).

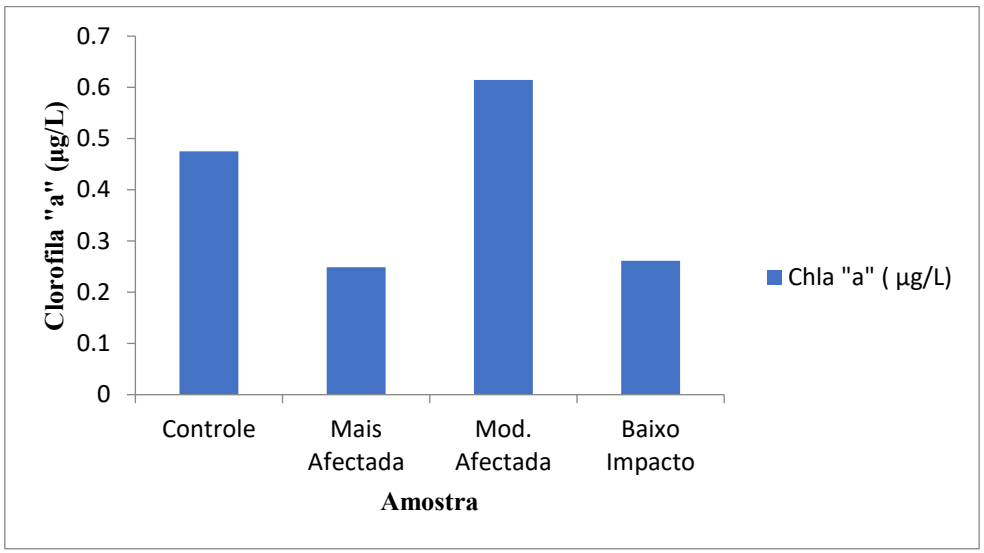


Figura 7: concentração de clorofila "a" nas diferentes áreas de amostragem. (µg/l)

Abaixo (Error! Reference source not found.**e** Error! Reference source not found.) estão representados alguns dos géneros observados durante o período de estudo com destaque para as classes Mediophyceae, Dinophyceae e Bacillariophyceae.

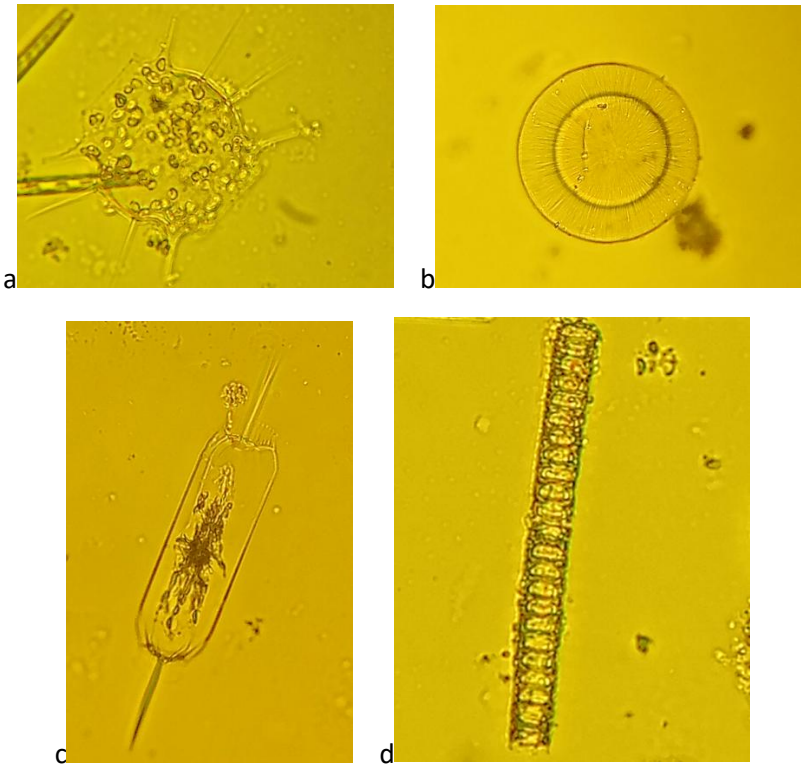


Figura 8: Fitoplancton da classe Mediophyceae. A) *Bidulphia sinensis*; b) *Cyclotela sp*; c) *Ditylum brightwelli*; d) Bellerochea sp.

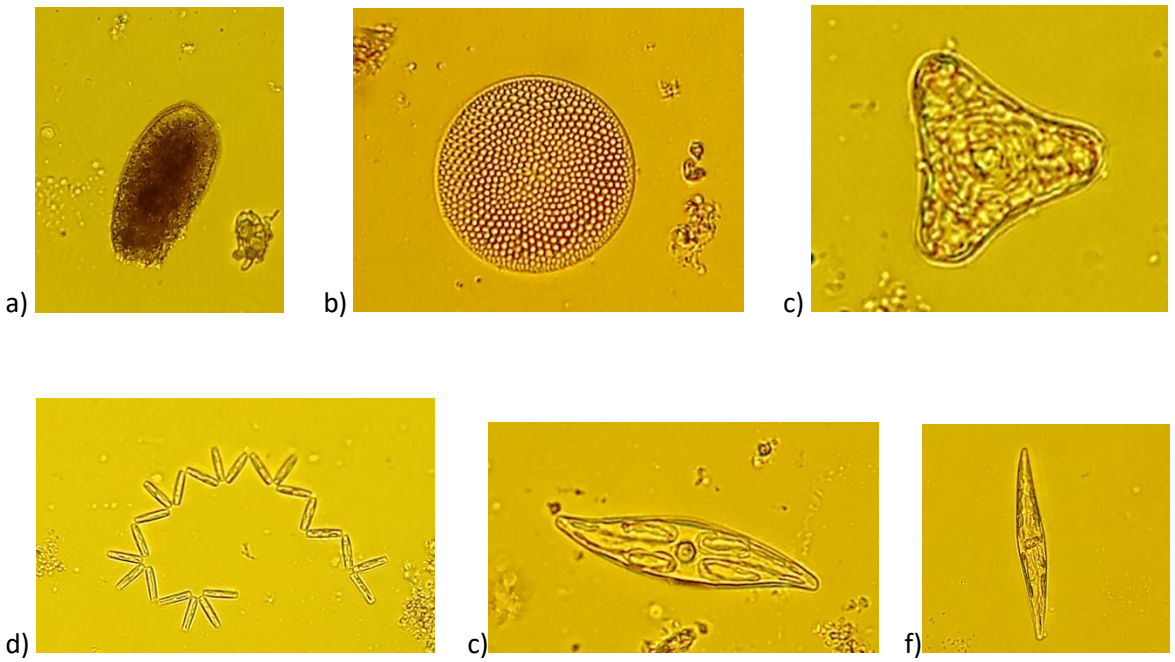


Figura 9: Fitoplâncton da classe Dinophyceae: a) *Prorocentrum lima*; - Classe Coscinodiscophyceae: b) *Coscinodiscus centralis*; - c) *Triceratium sp*.; - Classe Bacillariophyceae: d) *Thallassionema nitzschioides*; e) e f) *Pleurosigma sp*.

3.2. Zooplâncton

Foram identificadas 7 espécies pertencentes a 4 Classes, nomeadamente, Branchiopoda, Cladocera, Copepoda e Eurotatoria.

Com excepção da área de controle, todas as 4 classes foram identificadas nas áreas mais afectadas, áreas moderadamente afectadas e de baixo impacto. A classe Copepoda apresentou o maior número de indivíduos por unidade de volume (maior abundância) em todas as áreas de amostragem representando 53.8%, 50.4%, 65.7% e 40.4% para as áreas controlo, mais afectadas, moderadamente afectadas e de baixo impacto, respectivamente (**Error! Reference source not found.**). Considerando o total de indivíduos por classe, as áreas mais afectadas foram as que apresentaram maior abundância com cerca de 2 540 ind/l sendo que a área de baixo impacto apresentou menor abundância com cerca de 1 880 ind/l.

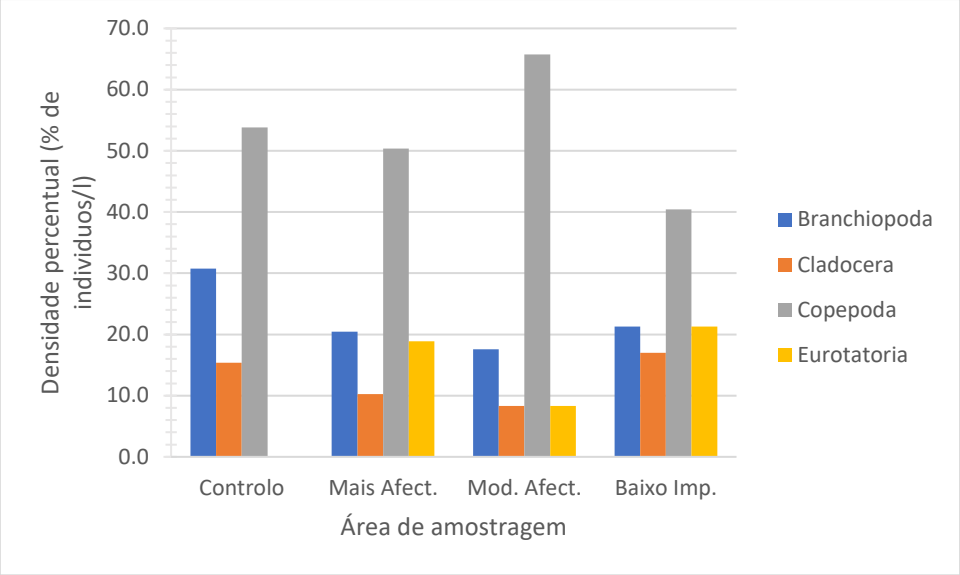


Figura 10: Densidade percentual dos principais grupos taxonómicos/classes de zooplâncton (% de indivíduos. L, I – Impacto)

Os índices de Diversidade de Shannon-Wienner (H'), de Equitabilidade de Pielous (J') e o índice de Riqueza de Margalefs estão apresentados na **Error! Reference source not found.**.

A diversidade de espécies mostrou-se baixa em todas as áreas de amostragem, observando-se para a área de baixo impacto, áreas mais afectadas, áreas moderadamente afectadas e controlo, os seguintes valores para os índices de Shannon e Margalef respectivamente: (H' = 0,74; R' = 0.80); (H' = 0.72 ; R' = 0.77) ; (H' = 0.57 ; R'= 0.78) ; (H' = 0.58 e R = 0.79). O índice de Margalef (R') demonstrou que a riqueza de espécies foi baixa em todas as áreas amostrais.

A classe Copepoda mostrou-se dominante em todas as áreas de recolha de amostras, observando-se uma homogeneidade alta. As áreas mais afectadas (J' = 0.37) bem como de baixo impacto (J' = 0.38) demostraram um valor de equitabilidade ligeiramente alto quando comparado com as áreas controlo e moderadamente afectadas (J'=0.30 em ambas). Entretanto o valor de equitabilidade manteve-se de maneira geral baixo em todas áreas, demonstrando a existência de uma espécie dominante, que foi no presente estudo representado por espécies do género *Nauplius*, o que pode ter causado uma alta discrepância em relação à real diversidade de espécies nas diferentes áreas.

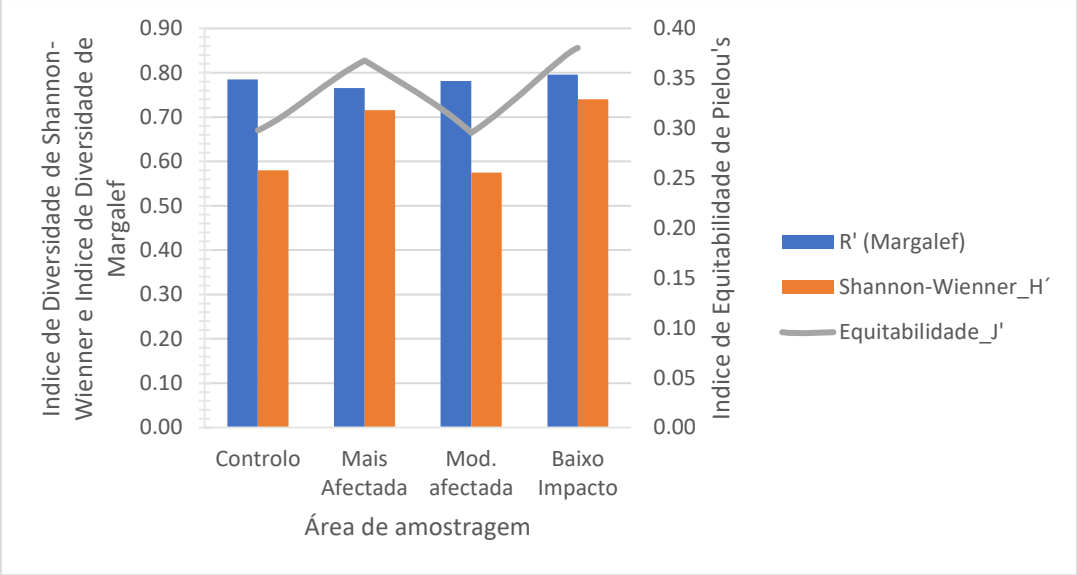


Figura 11: Índices de Diversidade de Shannon-Wienner (H'), de Riqueza de Margalef's (R) e Índice de Equitabilidade de Pielou (J'), nas diferentes áreas de amostragem.

Os resultados observados no presente estudo podem estar relacionados com as variações diárias dos factores físico-químicos e a disponibilidade de alimento (o fitoplâncton) que favorece o Filo Eurotatoria (maior diversidade). O local de colecta (zona superficial) e a hora de colecta (período diurno) das amostras podem ter influenciado na baixa diversidade das Classes Cladocera e Copepoda que possuem o hábito de migração vertical; durante o dia migram para o hipolímnion (zona profunda) frio e escuro e durante a noite retornam para o epilímnion (zona superficial). Os organismos zooplanctónicos têm capacidade de locomoção reduzida não podendo vencer o deslocamento das águas (correntes). Entretanto, no sentido vertical os organismos realizam deslocamentos, conhecidos como migrações verticais diárias e o padrão de migração pode variar entre as espécies, com a idade, sexo, condições fisiológicas e de um local para outro (Duart, 2008; Souza, 2012). Uma das hipóteses para explicar a migração vertical diária é a alimentação; há evidências de que a alimentação nas águas superficiais (onde há muito fitoplâncton) é realizada nas horas de menor luminosidade, o que torna o zooplâncton menos vulnerável aos predadores visuais (Duart, 2008; Vineetha et al., 2015; Nocera et al., 2020; Li et al., 2021), principalmente peixes.

A diversidade de zooplâncton foi inversamente relacionada com a abundância, isto é, quanto maior a abundância dos organismos menor era a diversidade dos mesmos. Esta relação foi idêntica para o estudo de Mwaluma *et al*., (2003).

A estrutura e a distribuição do zooplâncton são influenciadas por predação, competição, bem como por processos físicos que actuam em diferentes escalas temporais e espaciais (Ashjian, 1993). A abundância e diversidade de zooplâncton em habitats costeiros são fortemente influenciadas pelas

correntes de maré, gradientes de salinidade, tempo de amostragem, determinando o tipo e a concentração de zooplâncton (Paula *et al.,* 1998).

Ecossistemas tropicais e subtropicais com altas temperaturas, flutuações diárias das condições físico-químicas ou com mudanças ambientais repentinas devido a altas precipitações e a disponibilidade de alimento, podem favorecer a predominância de formas de rápida recuperação (Masundire, 1991), tal como a Rotifera (Eurotatoria).

A dominância de indivíduos de pequenas dimensões (Rotifera) é característica de sistemas que apresentam forte pressão por predação devido ao efeito Top-Down da cadeia trófica, uma vez que os peixes planctívoros e os filtradores tendem a ser selectivos em termos de alimento, preferindo ou retendo as presas de maior tamanho e de fácil captura, como por exemplo, as Classes Copepoda e Cladocera (Pinto-Coelho et al., 2005).

3.3. Macrofauna Bentónica

A *Error! Reference source not found.*, ilustra as densidades médias relativas obtidas durante o período de estudo. Foram identificados 32 indivíduos até ao nível mais baixo possível, pertencentes a 5 filos, 6 classes e 13 ordens, 21 famílias e 25 espécies. As principais classes obtidas no período em análise foram os polychaeta, bivalvia, gastropoda, asteroidea, ophiuroidea (***Error! Reference source not found.***, ***Error! Reference source not found.*** *e* ***Error! Reference source not found.***).

As classes dos polychaeta (360 ind/m^2), malacostraca (200 ind/m^2), bivalvia (160 ind/m^2) e gastropoda (160 ind/m^2) foram mais abundantes nas áreas mais afectadas. A classe asteroidea apenas ocorreu nas áreas moderadamente afectadas e controlo com 40 ind/m^2 e a classe ophiuroidea apenas ocorreu nas áreas moderadamente afectadas.

As áreas mais afectadas apresentaram mais classes e número de indivíduos em comparação com as remanescentes áreas, sendo apenas similar na ocorrência das classes polychaeta e bivalvia.

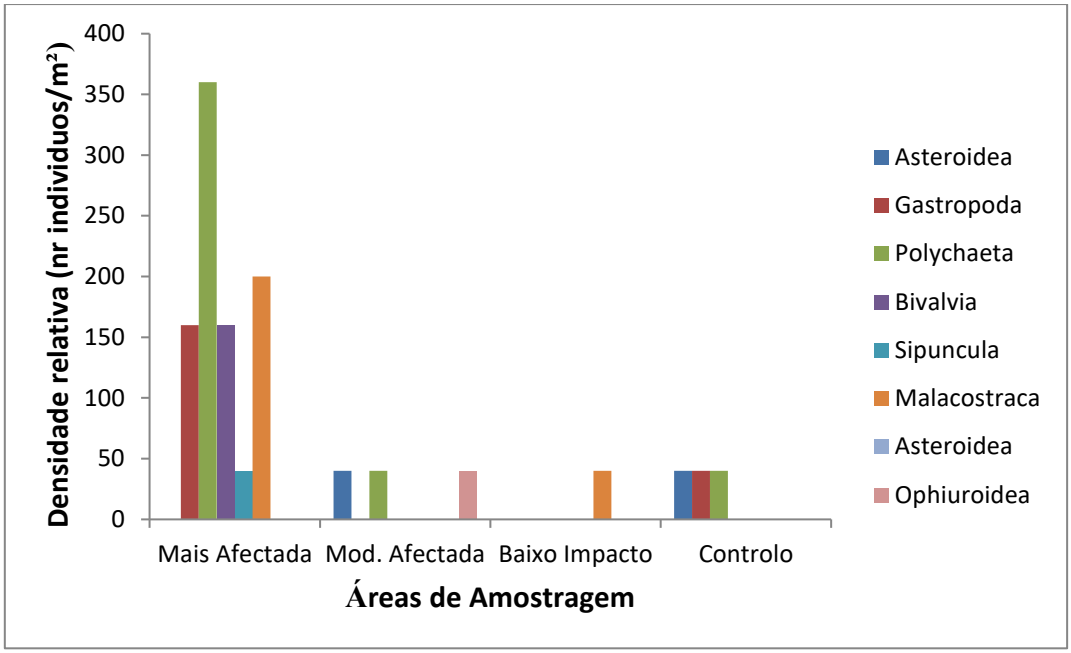


Figura 12: Densidade relativa dos principais grupos taxonómicos/classes da macrofauna bentónica (nr. de Individuos.m-2, I – impacto)

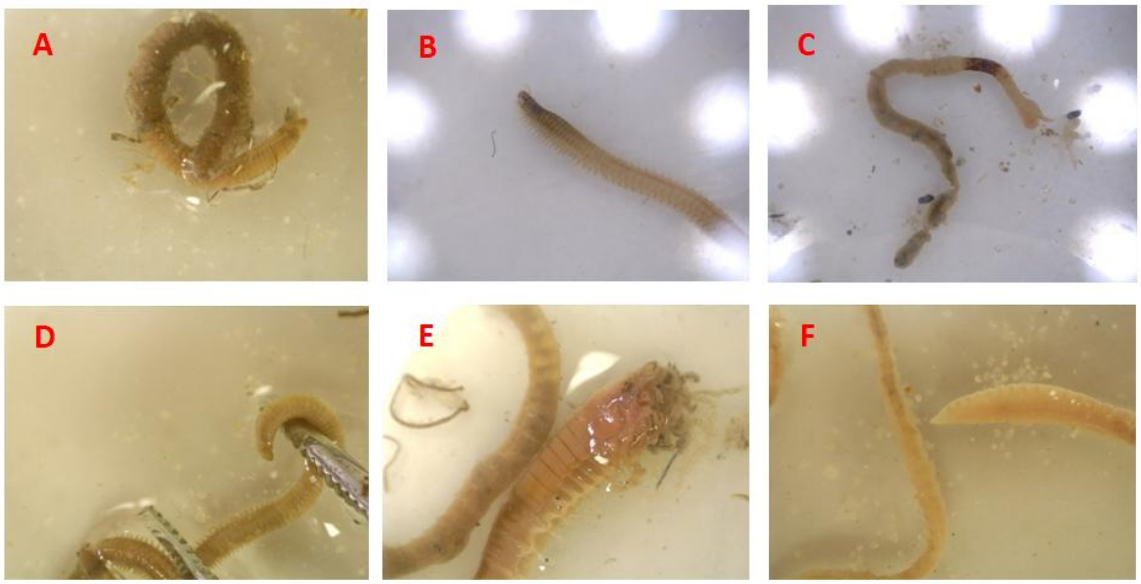


Figura 13: Macrofauna da classe Polychaeta obtida nas áreas amostradas (A) Orbiniidae, (B) Neredidae, (C) Magelona cincta, (D) Oweniidae, (E) Terebellidae, (F) Orbibiniidae

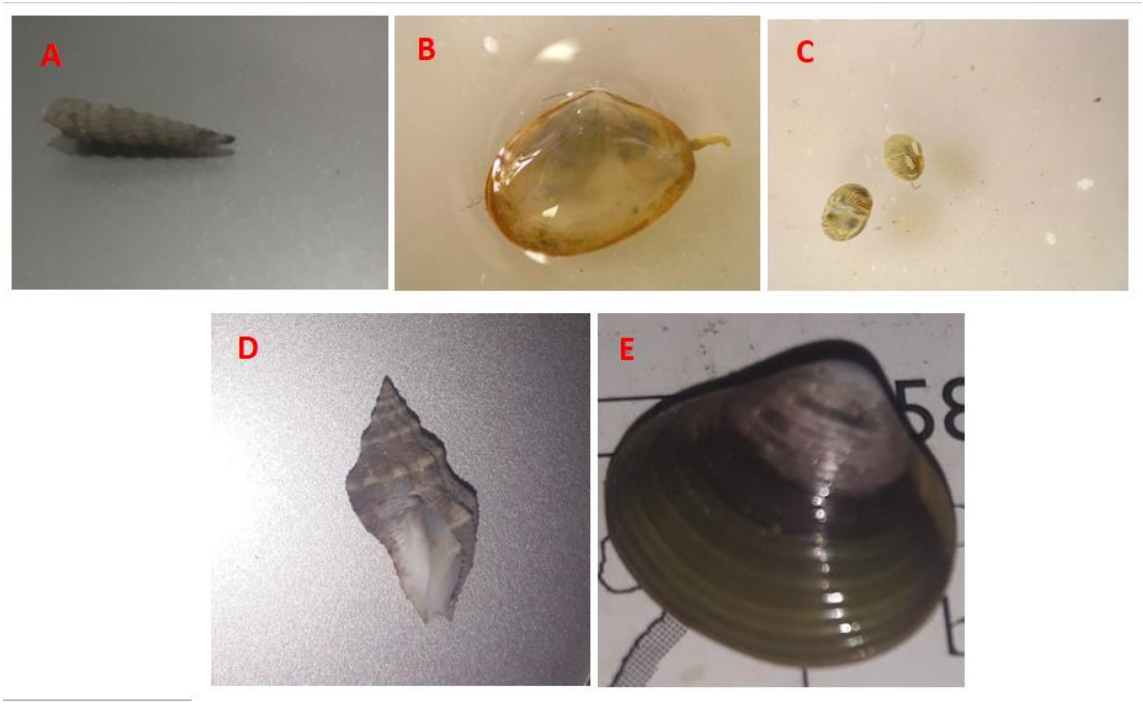


Figura 14: Macrofauna da classe Bivalvia obtida nas áreas amostradas (A) Terebridae, (B) Donacidae, (C) Naticidae, (D) Mitridae, (E) Veneridae



Figura 15: Macrofauna da classe Bivalvia obtida nas áreas (A) Ophiuroidea, (B) Paneidade, (C) Golfingidae

Os índices de Diversidade de Shannon-Wienner (H'), de Equitabilidade de Pielous (J') e o índice de Riqueza de Margalefs estão apresentados na *Error! Reference source not found.*.

As áreas mais afectadas apresentaram maior diversidade de espécies (H'= 2.93; R = 4.78) em comparação com a área controlo (H'= 2.00; R = 2.49), as áreas moderadamente afectadas (H'= 1.43; R = 1.82) e de baixo impacto (H'= 0.94; R = 1.44) que apresentaram uma diversidade de espécies relativamente menor em relação a área controlo.

Apesar de possuírem diversidade menor, as áreas moderadamente afectadas (J'= 1.30) e de baixo impacto (J'= 1.36) demostraram ser mais homogéneas, sem dominância de alguma espécie sobre as outras, ao apresentarem os maiores valores do índice de Equitabilidade de Pielou em comparação com as áreas controlo (J'= 1.24) e áreas mais afectadas (J'= 1.05).

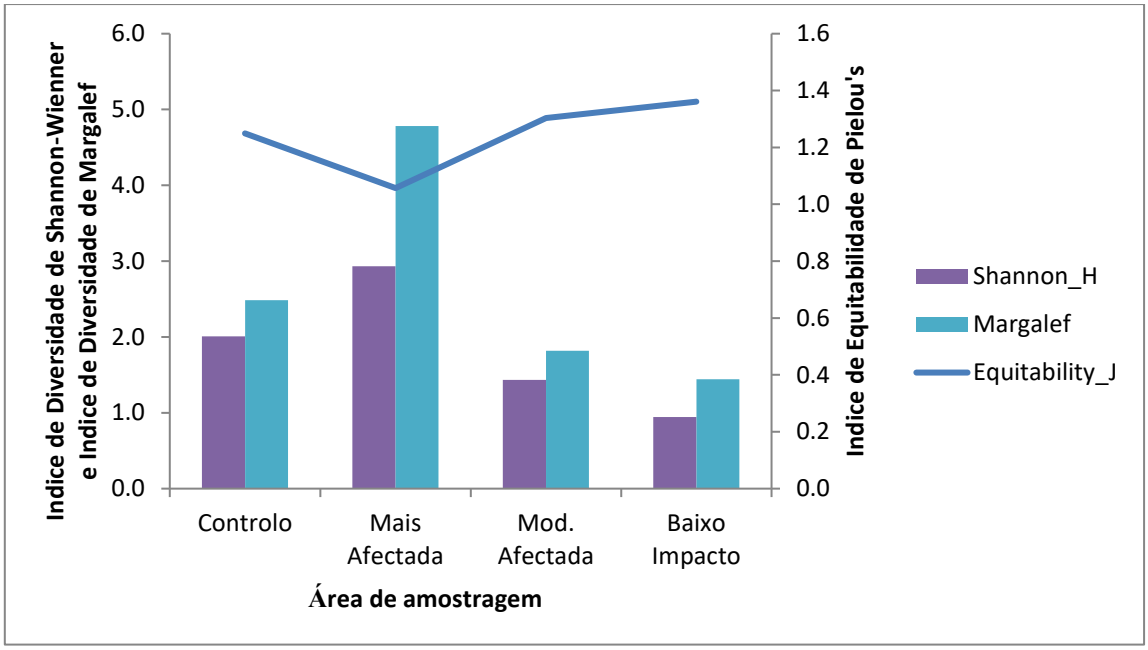


Figura 16: Índices de Diversidade de Shannon-Wienner (H'), de Riqueza de Margalef's (R) e Índice de Equitabilidade de Pielou (J'), nas diferentes áreas de amostragem.

A estrutura da comunidade de macrobentos é determinada pela estabilidade e composição dos sedimentos, bem como pela variação da maré e a distância da onda (Silva, 2006). Vários estudos relataram que poliquetas, moluscos e crustáceos são os grupos mais abundantes em estuários. No presente estudo observou-se um maior número de classes nas áreas mais afectadas, que se localizam próximo ao canal, tendo sido os poliquetas mais representativos nesta zona, seguida pelas classes, malacostraca, bivalvia e gastropoda. Poliquetas constituem um grupo importante em estuários pois contribuem em mais de 80% da dieta de vários animais. A distribuição observada no presente trabalho poderá ter sido condicionada pela diferença de substratos observada entre as áreas de impacto. O Estuário do Espírito Santo está sujeito a flutuações naturais na turbidez, muitas vezes atingindo níveis elevados. Portanto, as comunidades bentónicas são dominadas por organismos adaptados a altos níveis de sólidos suspensos e deposição associada de sedimentos. Por exemplo, 90% dos indivíduos identificados em comunidades de sedimentos entre-marés são caracterizados como alimentadores de depósitos, como poliquetas e oligoquetas cirratulídeos, espionídeos e capitelídeos. Nas áreas controle e áreas moderadamente afectadas notou-se sedimento do tipo lodoso, ao contrário das áreas de baixo impacto que possuíam areia grossa, e a áreas mais afectadas com mistura de sedimento, possuindo areia mais fina e lodosa.

Poliquetas são um grupo de organismos formadores de galerias o que poderá justificar a presença de um maior número de organismos nas áreas mais afectadas. O presente estudo não levou em conta a granulometria ou grau de matéria orgânica o que pode de certa forma dificultar a interpretação dos resultados obtidos; no entanto, de acordo com Brasil e Silva (2000), em sedimentos com matéria

orgânica elevada e baixo conteúdo de oxigénio, a presença de indivíduos que produzem galerias, como por exemplo os poliquetas, permite a circulação de água através do sedimento, promovendo assim a colonização de outras espécies no sedimento, influenciando também na associação faunística das comunidades de fundo mole. A área moderadamente afectada é fortemente influenciada pelas descargas de água provenientes do rio, o que poderá justificar um sedimento similar à área controlo. Segundo Duque *et al.,* (2021) a biomassa de macroinvertebrados está negativamente relacionada ao total de sólidos dissolvidos, tendo a sua biomassa máxima em áreas com baixas concentrações de fosfatos (aproximadamente 0.05 mg/l), baixo pH (menor que 7.5) e baixa concentração de oxigénio dissolvido (abaixo de 5.00 mg/l). Durante o presente estudo observou-se no substrato um pH entre os 8 e os 8.5, valores estes que poderão também ter influenciado na distribuição das espécies macrobentónicas.

3.4. Ictiofauna

Para a determinação da diversidade da ictiofauna foi realizado um encontro com pescadores que realizam actividade de pesca no estuário do Espírito Santo, nas áreas da Matola-Rio, Luís Cabral, Língamo e Catembe; no Centro de Pesca de Luís Cabral participaram 9 pescadores incluindo o chefe do CCP.

Na região é apenas praticada a pesca artesanal, sendo que as principais artes de pesca usadas são a rede de emalhar e o anzol. Os meios de pesca compreendem barcos de madeira na sua maioria a remo, podendo encontrar-se alguns barcos a motor.

Foi já identificada a ocorrência de 45 espécies de peixes pertencentes a 25 famílias no estuário do Espírito Santo (IIP, 2017) onde as principais famílias referidas pelos pescadores são a Haemulidae e Scianidae. No presente trabalho foram identificadas cerca de 11 famílias e 15 espécies de pescado de interesse comercial distribuídas entre as diferentes áreas de captura no Estuário do Espírito Santo, Baia de Maputo (Anexo 1- Espécies e Famílias observadas nos diferentes grupos taxonómicos). As espécies de peixes capturadas com maior interesse económico referidas pelos pescadores que operam do lado do Infulene foram a Magumba (*Hilsa kelee*), Tainha (*Mugil cephalus*), Mapatana (*Leiognatus equula*), Peixe Pedra (*Pomadasys kaakan*), Gonguri (*Pomadasys maculatus*), Corvina (*Otolites ruber*), Pescadinha (*Sillago sihama*) e Garoupa (*Ephinephelus sp*).

A captura de peixes geralmente é comercializada localmente na Cidade de Maputo, para supermercados, particulares (incluindo senhoras vendedoras de peixe) e nos mercados de peixe da cidade.

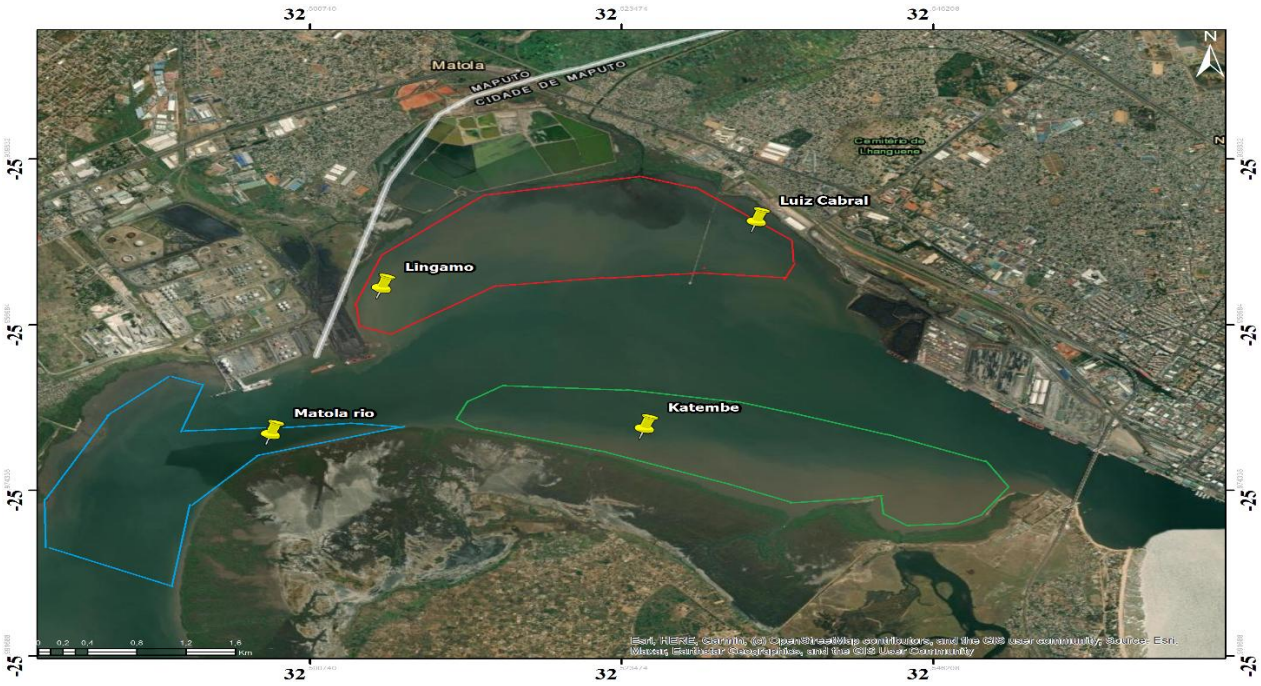


Figura 17: Áreas de pesca no estuário do Espírito Santo: Azul (Matola rio - Área não afectada), Vermelho (Infulene - Área Mais afectada), Verde (Katembe - Área Moderadamente afectada).

Com relação a Katembe, foi descrita a ocorrência no verão de camarão branco (*Penaeus indicus*), camarão tigre gigante (*Penaeus monodom*), camarão fino (*Metapenaeus dobson*), peixe pedra (*Pomadasys kaakan*), corvina (*Otholites ruber*), pescadinha (*Sillago sihama*), peixe bagre (*Plicofolis dussumieri*) e peixe safio (*Conger cinereus*), ao passo que no inverno as espécies capturadas com maior frequência são a magumba (*Hilsa kelee*) e magudzuana. O pescado proveniente da Katembe tem também como seu principal ponto de comércio a Cidade de Maputo.

Do lado da Matola-Rio as capturas são similares à zona do língamo (infulene), ocorrendo durante o Verão, para além das espécies mencionadas anteriormente, o camarão branco, camarão fino, caranguejo pelágico (*Portunus segnis*), caranguejo de mangal (*Scylla serrata*) e ocares, ao passo que no Inverno ocorre a magumba de tamanho menor.

A *Scylla serrata*, vulgo caranguejo de mangal, ocorre um pouco por toda Baía de Maputo em áreas de mangal, sendo que as pós-larvas são encontradas em regiões de águas rasas e substrato lodoso, usando a protecção provida por raízes de mangais e macrófitas aquáticas (Hill, 2010). A espécie foi considerada no presente trabalho por ser uma espécie bentónica de importância económica. Esta espécie mostrou-se pouco pescada tanto para o lado do Infulene quanto para a zona da Katembe. Durante a fase de reprodução da *Scylla serrata* que tende a ocorrer durante o início do Verão, a fêmea move-se para a costa pois a temperatura e salinidade da água atingem valores óptimos para a desova, 26-30º C e 25-30 ppm, (Alberts-Hubatsh *et al.,* 2016). Juvenis migram de volta para os estuários, pois

suportam baixos valores de temperatura e salinidade onde se estabelecem até à fase adulta. O adulto por sua vez habita a zona entre-marés em zonas de ecossistemas de mangal, sendo o substrato nestas áreas lodoso. Desta forma torna-se possível que esta espécie ocorra em quantidade moderada na área costeira da Katembe, dentro do estuário do Espírito Santo. As suas densidades, porém, não se fazem sentir na pesca porque esta área possui baixa densidade de mangais, bem como, pelo facto de esta espécie não ser principal alvo de captura na zona. Diferente da área pertencente à Matola-Rio (Área controlo) que, por outro lado, para além de ter uma maior densidade de mangais a espécies é bastante procurada.

O caranguejo pelágico, *Portunus segnis,* por sua vez, mostrou-se como sendo a espécie mais capturada nesta zona. Esta espécie tende a reproduzir-se durante todo o ano, com o pico entre o meio do Inverno e meio de Primavera (Safae et al., 2005), possuindo a capacidade de viver em uma variedade de habitats incluindo ervas marinhas e mangais, rochas, substratos arenosos e lodosos, bem como em ambientes de lagoas (Castriota, 2022). Tal capacidade torna esta espécie de fácil captura e de certa forma a mais abundante comparado com a *Scylla serrata.*

Do mesmo modo foram considerados os camarões peneídeos. Este grupo de organismos passa a sua fase pós-larval em ambientes estuarinos, onde crescem até atingir a fase juvenil, migrando posteriormente para o mar aberto (Penn *et al.,* 2001). Pós-larvas de camarões peneídeos bem como pequenos juvenis usam as áreas estuarinas como fontes de abrigo por se apresentarem turvas e possuírem mangais.

Com relação à ictiofauna, considerando os recursos pesqueiros de importância comercial no estuário do Espírito Santo, pouco ou quase nenhum estudo foi realizado nos últimos anos com ênfase na biologia dos recursos explorados nesta zona específica. A maioria dos estudos foca-se no impacto ambiental por metais pesados em espécies de camarões peneídeos e bivalves (Sturve, 2021). Durante o presente trabalho não foi possível observar directamente as capturas pois o estudo foi feito durante a época baixa de pesca, bem como pelo facto de que alguns pescadores se mostraram receosos em mostrar as espécies por eles capturadas. Desta forma, a informação contida no presente documento é baseada em entrevistas feitas a pescadores nos centros de pesca ao redor da área de dragagem. As espécies descritas neste estudo são confirmadas por trabalhos feitos por Inácio, (2011), observando as espécies pesqueiras *Sillago sihama*, *Pomadasys maculatum* e *Pomadasis kaakan*, descrevendo *Sillago sihama* como uma espécie de peixe costeira que entra com frequência para áreas estuarinas sendo capturada através da pesca a linha ou redes de emalhar onde os tamanhos médios de captura variam entre os 10-25cm de comprimento total; porém o tamanho pode variar de 5-31 quando usada a rede de cerco. *Pomadasys maculatum* é uma espécie coralina que pode ocorrer em áreas de mangal.

Ela é capturada por redes de arrasto na praia e redes de emalhar, sendo que os juvenis se encontram muitas vezes em bancos de areia e próximo a áreas de mangal em profundidades não superiores a 5 metros. *Pomadasis kaakan* é também uma espécie coralina; porém, no presente estudo observou-se que esta espécie ocorre próximo à ponte do lado de Luís Cabral e na região de pedras próximo à área de dragagem.

Mugil cephalus mostrou-se como sendo uma espécie abundante em todas as áreas estudadas, desde a zona da Matola-Rio, ao Língamo (Infulene) e Katembe. De acordo com Whitfield *et* al., (2012) esta espécie possui um estilo de vida migratório podendo ser encontrada numa diversidade de habitats aquáticos incluindo rios, estuários, lagoas costeiras, litoral marinho e oceano, podendo estes habitats apresentar-se turvos ou limpos, arenosos ou lodosos. Tais características fazem com que esta espécie facilmente abunde na área do estuário do Espírito Santo, sendo a sua tolerância a diversas variações físico-químicas o principal factor.

3.5. Metais pesados

A análise de metais pesados no sedimento mostrou teores altos para: Cloretos –5 756.5 mg/kg; Sulfatos – 2 401.25 mg/kg; Chumbo – 1.775 mg/kg; Ferro – 6 052 mg/kg; Zinco – 11.01 mg/kg; Cobre – 6.065 mg/kg e Mercúrio – 66.43mg/kg, com excepção do Cádmio – <0,025 (LQ), de acordo com as Directrizes canadianas para a Qualidade de Sedimentos para a Protecção da Vida Aquática e o guião prático de avaliação da qualidade de sedimentos australianos. Por sua vez a concentração de metais pesados na água como Chumbo, Cobre, Ferro, Zinco e Crómio, mostrou valores negligenciáveis (<0.001 mg/L) para as áreas moderadamente afectadas e de baixo impacto, estando elas dentro dos Padrões de Qualidade Ambiental de acordo com o estipulado pela Organização Mundial da Saúde (Musa *et al.,* 2013).

A salinidade em áreas expostas a contaminantes tende a mudar a biodisponibilidade e toxicidade destes em sedimentos estuarinos, sendo que, dependendo da natureza do contaminante e da condição estuarina, dois casos podem ser encontrados durante o processo de dragagem: ou o contaminante é removido da água para sedimentar (em salinidades altas) ou o contaminante é adicionado à água à medida que é libertado do sedimento (em salinidades baixas) (Du Laing *et all.,* 2008). Outro factor que tende a afectar a toxicidade de metais pesados para invertebrados marinhos e estuarinos é a temperatura. O decréscimo na salinidade e aumento de temperatura aumentam a toxicidade de cobre, onde, em termos de ordem de toxicidade temos: mercúrio (mais tóxico) > cádmio > cobre > zinco > crómio > níquel > chumbo > arsénio (menos tóxico).

Dentre a biodiversidade macrobentónica, anelídeos tendem a ser mais sensíveis a poluição por metais pesados, seguidos por crustáceos e moluscos. No entanto, considerando a especificidade do metal, o caso pode se inverter onde, por exemplo, para cádmio a ordem de sensitividade vai de crustáceos a moluscos, a anelídeos e por fim a peixes. Concentrações muito altas de cádmio (1-10 mg L^{-1}) podem levar à morte de organismos ao passo que concentrações baixas (1-50 µg L^{-1}) têm efeitos menos letais (Dauvin, 2008). A ressuspensão de sedimento anóxico[4] resulta em taxas de dessorção[5] de vários metais adsorvidos a sulfitos, como por exemplo Hg, Pb e Cu e são libertados muito mais rapidamente que Zn (Caille *et al.,* 2003). Actividades de dragagem permitem a liberação de sedimento anóxico e mistura deste com sedimento superficial com elevada actividade biológica, levando à liberação de metil mercúrio associado a sedimentos e água intersticial (Eggleton & Thomas 2004).

[4] Ausência de oxigénio

[5] Processo ou fenómeno pelo qual uma substância é libertada de uma superfície ou através de uma superfície.

4. POTENCIAIS IMPACTOS DA DRAGAGEM NO AMBIENTE MARINHO

O presente capítulo descreve os potenciais impactos da dragagem nas áreas afectadas pela actividade, levando em consideração tanto a turbidez causada pela pluma como os níveis de metais pesados existentes no sedimento e na coluna de água, na área de dragagem. Os impactos aqui apresentados são descritos como apresentado na *Error! Reference source not found.*, *Error! Reference source not found.* ***e*** *Error! Reference source not found.* sendo eles classificados com base na probabilidade, intensidade, extensão, duração, magnitude e significância.

A Magnitude do impacto corresponde à intensidade com que uma acção altera o meio afectado, combinada com a Extensão e Duração do impacto. Desta forma, a determinação da magnitude de um impacto é estritamente dependente da combinação dos critérios Intensidade, Extensão e Duração. A Significância fornece uma indicação da importância do impacto e do nível de mitigação necessário. É uma função da Magnitude e da Probabilidade de ocorrência do impacto.

Tabela 3: Classificação do Impacto quanto a probabilidade, Intensidade, Extensão e Duração.

Critério	**Pontuação**	**Descrição**
Probabilidade	*1 - 5*	*Possibilidade de ocorrência do Impacto*
Improvável	1	A possibilidade de ocorrência é muito baixa
Pouco Provável	2	A possibilidade de ocorrência é baixa, quer pelo desenho da actividade, quer pela sua natureza, ou ainda pelas características da sua área de inserção.
Provável	3	Existe uma possibilidade reconhecida de ocorrência do impacto
Altamente Provável	4	A ocorrência do impacto é considerada quase certa
Definitiva	5	Quando há certeza que o impacto irá ocorrer

Tabela 4: Classificação do Impacto quanto a Magnitude.

Magnitude (Intensidade + Extensão + Duração)	**Pontuação (3-15)**
Negligenciável	<7
Baixa	7 - 9
Moderada	10 - 12
Alta	>12

Tabela 5: Classificação do Impacto quanto à Significância.

Significância (Probabilidade x Magnitude)	Pontuação (3 – 75)	Descrição
Negligenciável	<12	O impacto não é significativo, portanto, não requer mitigação
Baixa	12 – 25	O impacto possui pouca importância, mas pode beneficiar de algumas medidas de mitigação.
Moderada	26 – 42	O impacto é significativo e são necessárias medidas de mitigação para reduzir os impactos a um nível aceitável (no caso de um impacto de natureza negativa).
Alta	>42	O impacto é muito significativo. A não aplicação de medidas de mitigação, a fim de reduzir o impacto a um nível aceitável, pode inviabilizar a actividade ou projecto.

A pluma de dragagem é composta por sólidos suspensos na coluna de água que são gerados durante a operação de dragagem. Tais sólidos podem ter impactos negativos na biodiversidade estuarina. A turbidez interfere com a penetração da luz na água, reduzindo a quantidade de luz que chega ao fundo, impactando negativamente a espécies de flora da região. A concentração de oxigénio dissolvido é também influenciada pela turbidez, possuindo uma relação com a temperatura da água.

4.1. Fitoplâncton

Potencial Impacto 1: Redução da actividade fotossintética por aumento dos níveis de turbidez

O fitoplâncton possui na sua natureza a capacidade de aclimatizar-se a condições de variação de luz causadas pela turbidez, através da alteração do tipo e taxa de pigmentos fotossintéticos e através do ajuste do número e tamanho de suas unidades fotossintéticas. No entanto, ainda que possuindo esta habilidade, o fitoplâncton pode ser afectado pela elevada turbidez na água, especialmente numa curta escala temporal (Sew, G. & Tood, P. 2020). A turbidez, causada pela agitação da coluna de água durante o processo de dragagem, pode reduzir a disponibilidade de luz, afectando assim os processos fotossintéticos e o crescimento das células, o que poderá por sua vez afectar a cadeia alimentar com menos alimento disponível para peixes planctívoros onde a longo prazo se pode esperar uma redução

na abundância de peixes, larvas de peixes e outros organismos como crustáceos, por exemplo, que dependem deste recurso.

Classificação do impacto

Impacto: Redução da actividade fotossintética por aumento dos níveis de turbidez **Meio afectado:** Biótico (Marinho) **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Provável	3	Pouco provável	2
Intensidade	Média	3	Media	2
Extensão	Local	1	Local	1
Duração	Curto prazo	2	Curto prazo	2
Magnitude	Fraca	6	Fraca	5
Significância	Baixa (18)		Negligenciável (10)	

Medidas de mitigação

- Realização da dragagem na época seca
- Realização da dragagem em períodos de vento fraco
- Realização da dragagem durante a maré morta alta
- Realização da dragagem fora de épocas chuvosas
- Instalação de barreiras flutuantes

Potencial Impacto 2: Distúrbios na divisão celular, mudanças morfológicas, disrupção celular e interferências no comportamento do fitoplâncton

A agitação da coluna de água influencia negativamente os dinoflagelados, podendo causar distúrbios na divisão celular, mudanças morfológicas, disrupção celular e interferências no comportamento (Estrada e Bardalet, 1997). Desta forma a dragagem poderá reduzir a biomassa de dinoflagelados nas áreas mais afectadas, mantendo ou aumentando relativamente a biomassa de diatomáceas, pois estas crescem bem em ambientes agitados (Sew e Tood, 2020). Tal factor poderá afectar organismos zooplanctónicos que se alimentam de células de maior tamanho, como as diatomáceas, o que poderá afectar a cadeia trófica.

Classificação do impacto

Impacto: Distúrbios na divisão celular, mudanças morfológicas, disrupção celular e interferências no comportamento do fitoplâncton **Meio afectado: Biótico (Marinho)** **Fase do Projecto: Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)**

Critério de classificação	Classificação do impacto			
	Sem mitigação		Com mitigação (impacto residual)	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Altamente provável	4	Provável	3
Intensidade	Média	3	Baixa	1
Extensão	Local	1	Local	1
Duração	Curto prazo	2	Curto prazo	2
Magnitude	Fraca	6	Fraca	4
Significância	Moderada (24)		Baixa (12)	

Medidas de mitigação

- As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

Potencial Impacto 3: Alteração do crescimento devido ao aporte de nutrientes e bioacumulação de metais pesados

O aporte de nutrientes e substâncias toxicas provindos da pluma pode prejudicar o crescimento e saúde do fitoplâncton. Estudos demonstram que a alta concentração de nutrientes tais como cobre, níquel e cádmio na fase líquida, inibem seres autotróficos resultando na baixa produtividade fitoplanctónica, redução nos níveis de clorofila "a" e de células fitoplanctónicas, aumentando por outro lado a produção de bactérias heterotróficas (Nayar et al. 2004). De acordo com o mesmo autor, existe ainda a possibilidade de que a toxicidade de metais que estejam biodisponíveis sejam uma causa de preocupação durante as marés baixas pois espera-se que o efeito da turbidez seja mais acentuado durante este período e um maior risco de adsorção e bioacumulação pelos organismos.

Classificação do impacto

Impacto: Alteração do crescimento devido ao aporte de nutrientes **Meio afectado:** Biótico (Marinho) **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Provável	3	Provável	3
Intensidade	Alta	4	Baixa	2
Extensão	Envolvente	2	Local	3
Duração	Curto Prazo	2	Curto prazo	2
Magnitude	Media	8	Fraca	7
Significância	Média (24)		Negligenciável (21)	

Medidas de mitigação

- As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

Potencial Impacto 4: Alteração da comunidade fitoplanctónica e formação de Blooms[6]

É ainda esperado que na ressuspensão de sedimentos e organismos aquáticos, as microalgas bentónicas possam contribuir em maior número para proliferação fitoplanctónica, podendo sob condições de elevados níveis de nutrientes formar blooms durante as actividades de dragagem (Fernandes et al., 2023)

A rápida dispersão de nutrientes combinada com a diluição pela acção das marés e liberação intermitente poderá minimizar a probabilidade de proliferação de algas. Outro factor que torna baixa a probabilidade de aparecimento de blooms de algas é o facto de, de acordo com os dados apresentados no presente estudo, a biomassa fitoplanctónica ser baixa, apresentando níveis de clorofila "a" reduzidos (1µg/l); desta forma o impacto poderá ser avaliado de forma geral como de magnitude baixa a média com proliferação de algas não alarmante. No entanto, a proliferação de algas heterotróficas mantém-se possível havendo a necessidade de prestar especial atenção a este grupo.

Classificação do impacto

Impacto: *Alteração da comunidade Fitoplanctonica* **Meio afectado:** Biótico (Marinho) **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Provável	3	Pouco provável	2
Intensidade	Media	3	Media	2
Extensão	Envolvente	2	Local	1
Duração	Curto prazo	2	Curto prazo	2
Magnitude	Media	8	Fraca	5
Significância	Moderada (24)		Baixa (10)	

Medidas de mitigação

- As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

[6] Usado para descrever um crescimento súbito (ex.: algal bloom = proliferação de algas).

Potencial Impacto 5: Aumento da produtividade devido ao incremento de nutrientes

A biodisponibilidade de fosfato durante actividades de dragagem tende a ser alta e o efeito turbulento da actividade de dragagem levaria a um aumento nos níveis de nutrientes na coluna de água, o que serviria como combustível na teia alimentar, levando a um efeito cascata NPZ (nutrientes-fitoplâncton-zooplâncton) (Fernandes et al., 2023).

Classificação do impacto

Impacto: Redução da actividade fotossintética por aumento dos níveis de turbidez **Meio afectado:** Biótico (Marinho) **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Provável	3	Pouco provável	2
Intensidade	Média	3	Baixa	1
Extensão	Envolvente	2	Local	1
Duração	Medio Prazo	3	Curto prazo	2
Magnitude	Média	8	Média	4
Significância	Moderada (24)		Baixa (8)	

Medidas de mitigação

As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

4.2. Zooplâncton

De maneira geral, porque o zooplâncton não possui a habilidade de se mover rapidamente na coluna de água, sendo os seus movimentos na maioria verticais, espera-se maior impacto nas áreas mais afectadas. Pode-se assumir nas áreas menos afectadas e de baixo impacto, um efeito menor resultante da actividade de dragagem dado que o acréscimo de sedimentos suspensos nestas zonas será de apenas 10 mg/l durante a maior parte do tempo, mantendo-se assim a diversidade zooplanctónica.

Potencial Impacto 6: Redução da disponibilidade de alimento e redução da biomassa zooplanctónica

O zooplâncton pode ser afectado pela pluma de dragagem através da redução da disponibilidade de alimento (fitoplâncton), a exposição a substâncias tóxicas e a alteração do comportamento. A abundância zooplanctónica possui uma relação directa com a salinidade, o oxigénio dissolvido e a clorofila “a” (Farhadian & Pouladi, 2014). Desta forma, um aumento na turbidez tenderá a reduzir a

biomassa zooplanctónica como efeito directo da redução de clorofila "a", bem como da provável redução do oxigénio dissolvido. Grupos sensíveis como o ictioplancton (ovos e larvas de peixes e outros invertebrados) poderão ser fortemente afectados pela turbidez levando à morte destes organismos. A redução da biomassa zooplanctónica poderá ter efeitos directos em espécies de peixes planctívoros como explicado na secção 4.2.5.

A pluma, por si só, poderá oferecer material alimentar para espécies de zooplâncton; porém, a adição de partículas provenientes da erosão rochosa e detritos podem reduzir o valor nutricional de partículas individuais alimentares, ainda que possuam um stock elevado de material a granel no seu geral (Slaecher et al., 2009).

Classificação do impacto

Impacto: Redução da disponibilidade de alimento e redução da biomassa zooplânctonica **Meio afectado:** Biótico (Marinho) **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Altamente Provavel	4	Provavel	3
Intensidade	Média	3	Baixa	2
Extensão	Envolvente	2	Envolvente	2
Duração	Curto prazo	2	Curto prazo	2
Magnitude	Média	7	Fraca	6
Significância	Moderada (28)		Baixa (18)	

Medidas de mitigação

- As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

Potencial Impacto 7: Bioacumulação de metais pesados

A libertação de metais para o meio aquático poderá torná-los biodisponíveis para o zooplâncton. Com maior acumulo a nível localizado e rápida dispersão da pluma de dragagem, a implicância deste impacto poderá ser baixa para organismos predadores planctónicos devido a sua alta capacidade de dispersão.

Classificação do impacto

Impacto: Bioacumulação de metais pesados **Meio afectado:** Biótico (Marinho) **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Provável	3	Improvável	1
Intensidade	Baixa	2	Negligenciável	1
Extensão	Envolvente	2	Envolvente	2
Duração	Curto prazo	1	Curto prazo	1
Magnitude	Fraca	5	Fraca	4
Significância	Baixa (15)		Negligenciável (4)	

Medidas de mitigação

As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

4.3. Macrobentos

A macrofauna é composta por organismos que vivem no fundo do estuário, representada por crustáceos, moluscos e poliquetas, entre outros, desempenhando um papel importante na manutenção da saúde do ecossistema.

Potencial Impacto 8: Sufocamento e dificuldade de locomoção da infauna[7] bentónica por incremento de sedimento oriundo da dragagem (poliquetas, oligochaetas, bivalves)

O reassentamento de sedimentos pode sufocar os organismos bentónicos, possivelmente obstruindo e danificando as estruturas de alimentação e respiração; os efeitos tendem a ser maiores em áreas de turbidez naturalmente alta, como é o caso do Estuário do Espírito Santo. A infauna bentónica tende a ser bastante afectada devido a sua mobilidade reduzida.

[7] Infauna designa o conjunto de organismos que vivem enterrados dentro do sedimento (areia, lama ou lodo), no fundo de ambientes aquáticos como mares, estuários, rios ou lagos.

Classificação do impacto

Impacto: Sufocamento de organismos bentónicos (poliquetas, oligochaetas, bivalves) **Meio afectado:** Biótico (Marinho) **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Altamente provável	4	Provável	3
Intensidade	Alta	4	Media	3
Extensão	Envolvente	2	Envolvente	2
Duração	Curto prazo	2	Curto prazo	2
Magnitude	Média	8	Média	7
Significância	Moderada (32)		Baixa (21)	

Medidas de mitigação

As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

Potencial Impacto 9: Sufocamento e dificuldade de locomoção da epifauna[8] bentónica por incremento de sedimento oriundo da dragagem (Caranguejo, camarão)

A epifauna, caracterizada por crustáceos como o caranguejo e camarão, pode fugir da região de impacto localizado devido a sua elevada capacidade de locomoção. De acordo com as áreas de distribuição da pluma de dragagem e a concentração da pluma entre os pontos A3 e A4 (áreas mais afectadas), coloca os organismos localizados nesta área sob risco, pois a suspensão de sedimentos e a deposição do material dragado (sedimentos finos) pode afectar a estrutura do fundo do estuário, reduzindo a disponibilidade de habitat para a macrofauna. De acordo com o modelo de dispersão da pluma proposto em relatório especializado, a área de mangais sofrerá baixo impacto levando a que organismos como *Scilla serrata* não sejam significativamente afectados pela pluma. Por outro lado, a distribuição e abundância de espécies, com ênfase para *Portunus segnis,* poderá ser afectada. O impacto sobre a fauna bentónica local pode ser classificado como moderado a baixo, a médio e longo prazo.

[8] Epifauna refere-se ao conjunto de organismos que vivem sobre a superfície do sedimento (areia, lama, rochas) ou sobre outros organismos, em ambientes aquáticos.

Classificação do impacto

Impacto: Sufocamento e dificuldade de locomoção por incremento de sedimento oriundo da dragagem (Caranguejo, camarão) **Meio afectado:** Biótico (Marinho) **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Provável	3	Pouco provável	2
Intensidade	Média	3	Baixa	2
Extensão	Local	1	Local	1
Duração	Curto prazo	1	Curto prazo	1
Magnitude	Fraca	5	Fraca	4
Significância	Baixa (15)		Negligenciável (8)	

Medidas de mitigação

As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

Potencial Impacto 10: Reestruturação das comunidades bentónicas

Os efeitos do sufocamento podem levar à reestruturação das comunidades bentónicas com o desaparecimento de táxons sensíveis que se alimentam por filtração, como é o caso de bivalves, e que são substituídos por espécies mais tolerantes que se alimentam de depósitos, tornando assim ainda maior a abundância de poliquetas. Considera-se que a deposição de sedimentos ressuspensos terá um impacto negativo alto para comunidades macrobentónicas existentes entre os pontos A3 e A4, afectando de modo baixo a médio as comunidades encontradas nos pontos A1, A2, A5 e A6. A probabilidade de perda de determinados grupos bentónicos e maior ocorrência de poliquetas e oligoquetas torna-se também elevada.

É, portanto, improvável que um ligeiro aumento no nível de deposição tenha um impacto significativo nas comunidades bentónicas registadas nas áreas moderada a minimamente afectadas, assumindo um acréscimo de 10 mg/l de sedimentos em suspensão. Por outro lado, as áreas mais afectadas bem como a área de deposição poderão ser bastante afectadas dado que se espera uma concentração local de até 100 mg/l de sedimentos em suspensão.

Considerando o período de dragagem e o tempo total de precipitação de sólidos suspensos, espera-se que a comunidade se recupere rapidamente.

Classificação do impacto

Impacto: Reestruturação das comunidades bentónicas **Meio afectado:** Biótico (Marinho) **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Provavel	3	Improvavel	1
Intensidade	Baixa	2	Negligenciavel	1
Extensão	Envolvente	2	Envolvente	2
Duração	Curto prazo	1	Curto prazo	1
Magnitude	Fraca	5	Fraca	4
Significância	Baixa (15)		Negligenciável (4)	

Medidas de mitigação

- As mesmas previstas para o potencial impacto 1.
- Utilização de malha na área de sucção.

Potencial Impacto 11: Bioacumulação de metais pesados

O impacto da provável libertação de contaminantes sedimentares nas comunidades bentónicas estuarinas apenas poderá ter um impacto moderado a baixo caso a exposição não seja prolongada e a acção da maré ajude na diluição e dispersão de contaminantes.

A ressuspensão de sedimentos tem o potencial de libertar nutrientes na coluna de água. Altos níveis de nutrientes podem levar à proliferação de algas e uma queda associada nos níveis de oxigénio dissolvido. Tais condições podem se espalhar por toda a coluna de água, afectando os bentos. Além disso, as condições bentónicas podem piorar à medida que as algas mortas precipitam na coluna de água e se decompõem no fundo do mar.

Espera-se que após a ressuspensão dos sedimentos pela actividade de dragagem, haja diluição dos metais pesados na coluna de água, dado o grande volume de água estuarina. Assim, espera-se também uma rápida deposição deste material no leito do estuário. No entanto, como já foi dito anteriormente, factores como temperatura e salinidade poderão influenciar na velocidade e taxa de precipitação dos contaminantes. A acção da maré poderá também ajudar na dispersão e diluição de contaminantes, evitando assim a permanência destes por tempo elevado na coluna de água.

Por outro lado, de acordo com o modelo de dispersão da pluma, esta irá dispersar-se a Este e a Sudoeste, sendo que a área de dragagem será a zona largamente impactada pela pluma com

concentrações de até 500 mg/l no fundo. Prevê-se que a pluma exceda o limite de 10 mg/L de CSSs durante 15-20 dias, com maior impacto na zona profunda, afectando a zona do Infulene entre os pontos A3 e A4, consideradas no presente estudo como áreas mais afectadas. Para a Zona A2, que foi considerada no presente estudo como zona controle espera-se que este impacto seja de 2 – 4 dias, e 0 – 0.5 na zona A1, que não foi considerada no presente estudo. Um impacto moderado a baixo é esperado na área localizada relativamente a Sul da área de dragagem; terá com concentrações de 10 mg/l num espaço temporal de até 1 dia, e de 0-0.5 dias na zona de baixo impacto considerada neste estudo. Espera-se assim para as zonas A3 e A4 concentrações entre os 60 a 80 mg/L no fundo e entre o 10º e 20º dia, reduzindo posteriormente a valores entre os 20 e os 40 mg/l.

Desta forma, espera-se um efeito da pluma localizado no estuário do Espírito Santo, com o maior impacto para a biodiversidade a Nordeste do estuário, entre os pontos A3 e A4, sendo que para as restantes zonas (A1, A2, A5 e A6) não se prevê impactos significativos.

Classificação do impacto

Impacto: Bioacumulação de metais pesados **Meio afectado:** Biótico (Marinho)				
Fase do Projecto: Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Provavel	3	Pouco provavel	2
Intensidade	Media	3	Baixa	1
Extensão	Envolvente	2	Envolvente	2
Duração	Medio prazo	3	Curto prazo	2
Magnitude	Media	8	Media	5
Significância	Moderada (24)		Baixa (10)	

Medidas de mitigação

- As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

4.4. Ictiofauna

Espécies pertencentes a ictiofauna desempenham um papel muito importante na cadeia alimentar marinha servindo também na economia local. Dentre os possíveis impactos da pluma temos a turbidez da água que pode afectar a produção de fito e zooplâncton, que são a base da cadeia alimentar marinha. Desta forma a disponibilidade de alimento para a ictiofauna estará prejudicada, podendo assim afectar a sua sobrevivência e reprodução.

Potencial Impacto 12: Sufocamento de peixes por acção da pluma

A alta concentração de sedimento no meio pode afectar a respiração de peixes devido ao possível depósito de partículas de sedimentos nas brânquias; espera-se que os peixes mais jovens sejam mais susceptíveis ao aumento de sólidos em suspensão. A distribuição e a migração da ictiofauna podem também ser afectadas com o bloqueio de rotas de migração e escolha de habitats, podendo desta forma afectar o sucesso reprodutivo das espécies.

Dados demonstram que concentrações de sedimento suspenso de até 1000 mg/L tende a afectar os processos fisiológicos de mais de 60% de espécies de peixe na área de impacto ao passo que concentrações abaixo de 100 mg/L tendem a afectar menos de 20% das espécies de peixe, sendo o seu valor insignificante a concentrações abaixo de 10 mg/L.

Classificação do impacto

Impacto: Sufocamento de peixes por acção da pluma **Meio afectado:** Biótico (Marinho) **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Provavel	3	Pouco provavel	2
Intensidade	Média	2	Baixa	2
Extensão	Local	1	Local	1
Duração	Curto Prazo	2	Curto Prazo	2
Magnitude	Fraca	5	Fraca	5
Significância	Baixa (15)		Negligenciável (10)	

Medidas de mitigação

- As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

Potencial Impacto 13: Redução da visibilidade de peixes predadores/planctívoros

A turbidez da água pode reduzir a visibilidade dos peixes dificultando a busca por alimento bem como a identificação de predadores no meio (Hecht & Van der Lingen, 2015), esperando-se que a diversidade de peixes possa reduzir em ambientes com altos níveis de turbidez (Lunt e Smee, 2020).

Classificação do impacto

Impacto: *Redução da visibilidade de peixes predadores/ planctívoros* **Meio afectado:** Biótico (Marinho) **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Criterio de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Altamente Provavel	4	Pouco provavel	2
Intensidade	Média	3	Baixa	2
Extensão	Local	1	Local	1
Duração	Curto prazo	2	Curto prazo	2
Magnitude	Média	6	Fraca	5
Significância	Moderada (24)		Baixa (10)	

Medidas de mitigação

- As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

Potencial Impacto 14: Deslocação para zonas menos impactadas

A época de dragagem poderá afectar diferentes espécies ictiofaunísticas de acordo com o período do ano no qual a dragagem será realizada. Observadas as principais espécies pesqueiras que ocorrem na área, verificamos que a *Hilsa Kelee* (Magumba) tem como época de desova o período entre Outubro e Janeiro, podendo também ocorrer em menores proporções entre Junho e Julho (Gjøsæter & Sousa, 1983). Estudos sobre a biologia de *Otolithes ruber* (Corvina), na índia, demonstraram que esta espécie tem o seu período de reprodução entre Setembro a Outubro (Rajesh et al., 2016); por outro lado, Farkhondeh et al., 2018, indicaram um período de reprodução mais longo desta espécie no mar de Oman, sendo de Janeiro a Junho com o pico indo de Março a Abril (Primavera), o que corresponderia aos meses de Setembro a Outubro especificamente na Baia de Maputo.

Estudos mostram que espécies da família Scianidae, como a corvina (*Otolithes ruber*), são muitas vezes dominantes em ambientes estuarinos de zonas tropicais e subtropicais (Barleta et al., 2016), utilizando principalmente áreas turvas para reprodução (Fennensy, 2000) pois estas oferecem melhor protecção.

Deste modo espera-se que a pluma possa impactar indivíduos adultos e juvenis desta espécie de forma directa ou mesmo indirecta pois, de acordo com Barleta et al., 2016 scianideos alimentam-se na sua maioria de presas vivas, no fundo ou na coluna de água, e estes podem também ser impactados pela pluma de dragagem. Larvas de *Mugil cephalus* (Tainha) movem-se para a zona costeira em águas rasas de forma a encontrar protecção (FAO, 2009); assim, de acordo com os padrões de distribuição da pluma, estas podem ser bastante afectadas. Por outro lado, a pluma poderá ter um efeito indirecto

pois esta espécie alimenta-se durante o dia, tendo como principal alimento o zooplâncton, matéria vegetal e detritos.

Pouca informação existe sobre a época de reprodução de *Leiognatus equalus* (Mapatana); no entanto esta parece ocorrer durante o Verão sendo este período mais propenso a existência de larvas desta espécie. Em seu estudo sobre a biologia de *Leiognatus equalus* (Mapatana) em Taiwan, Lee et al., 2005 estimaram que a época de reprodução desta espécie se dá entre Maio e Agosto, correspondentes ao Verão nessa área.

Espécies de peixe que ocorrem no estuário do Espírito Santo têm na sua maioria a época quente como pico do seu ciclo reprodutivo. Estas espécies podem estar já adaptadas a flutuações de até 300 mg/l de sedimento suspenso durante a época chuvosa, o que significa que os impactos da dragagem poderão ser reduzidos nas áreas a montante e a jusante das áreas mais afectadas. Entretanto, espécies como o *Pomadasys Kaakan* (Peixe pedra), que podem ser encontradas a menos de 20 metros das áreas mais afectadas, poderão ser directamente impactadas com provável deslocamento desta zona pois é esperado que os valores de turbidez cheguem a 1000 mg/l. Por outro lado, o ruído provocado pela draga poderá também levar à fuga de algumas espécies por um curto espaço temporal.

Classificação do impacto

Impacto: Deslocação para zonas menos impactadas **Meio afectado:** Biótico (Marinho) **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Provável	3	Pouco provável	2
Intensidade	Média	2	Baixa	1
Extensão	Local	1	Local	1
Duração	Curto Prazo	2	Curto Prazo	2
Magnitude	Média	5	Fraca	4
Significância	Baixa (15)		Baixa (8)	

Medidas de mitigação

- As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

Potencial Impacto 15: Influência de contaminantes e sólidos suspensos em processos fisiológicos de peixes juvenis (ictioplâncton) e adultos.

Espécies de peixes, especialmente durante o início do seu estágio histórico de vida, estão sob risco de impactos letais e subletais às concentrações e à duração de exposição que ocorre regularmente durante as actividades de dragagem, podendo atingir entre 10-20% das espécies de peixe na zona (Wenger et al., 2018). Quando a dragagem é realizada durante o período crítico de desenvolvimento larval, existe a possibilidade de redução directa do suplemento de larvas, contribuindo assim para altas taxas de mortalidade de larvas de peixe reduzindo assim o sucesso de recrutamento (Wenger et al., 2017). Estudos demonstraram que, por exemplo, concentrações de sólidos dissolvidos acima de 1000 mg/l reduzem o sucesso de desova na perca branca e no robalo listrado, ao passo que concentrações acima de 500 mg/l reduzem a sobrevivência larval das duas espécies e concentrações acima de 100 mg/l afectam a sobrevivência de larvas de "American shad" (*Alosa sapidíssima*) (Reish et al., 1979). Poucos estudos foram realizados com relação aos impactos da turbidez nas espécies de ictiofauna que ocorrem nos estuários da Baia de Maputo; porém, efeitos similares podem ser esperados.

Classificação do impacto

Impacto: Influência de contaminantes e sólidos suspensos em processos fisiológicos de peixes juvenis (ictioplancton) e adultos

Meio afectado: Biótico (Marinho)

Fase do Projecto: Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)

Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Provável	3	Improvável	1
Intensidade	Baixa	2	Negligenciável	1
Extensão	Local	1	Local	1
Duração	Curto prazo	2	Curto prazo	2
Magnitude	Fraca	5	Fraca	4
Significância	Baixa (15)		Negligenciável (4)	

Medidas de mitigação

- As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

Potencial Impacto 16: Influência de contaminantes e sólidos suspensos em processos fisiológicos de mangais.

Como visto nos subcapítulos anteriores, a biota marinha poderá sofrer algum dano como resultado das actividades de dragagem. Esta biota ocupa não apenas a coluna de água ao longo de toda a

extensão do Estuário do Espírito Santo, como também as áreas costeiras ocupadas por ecossistemas de mangal, ocorrendo em altas densidades no "corno" da Katembe, situado de fronte ao porto da Matola, abrangendo o centro de pesca de Incassane; junto à zona da ponte Maputo-Katembe (**Figura 18**). De acordo com os dados apresentados na *Error! Reference source not found.*, relacionada com as áreas de impacto da dragagem, nota-se que a área de mangal será parcial a moderadamente impactada pelo processo de dragagem, dado que se espera um acréscimo de 10 mg/l de sedimentos em suspensão durante o período de actividades.

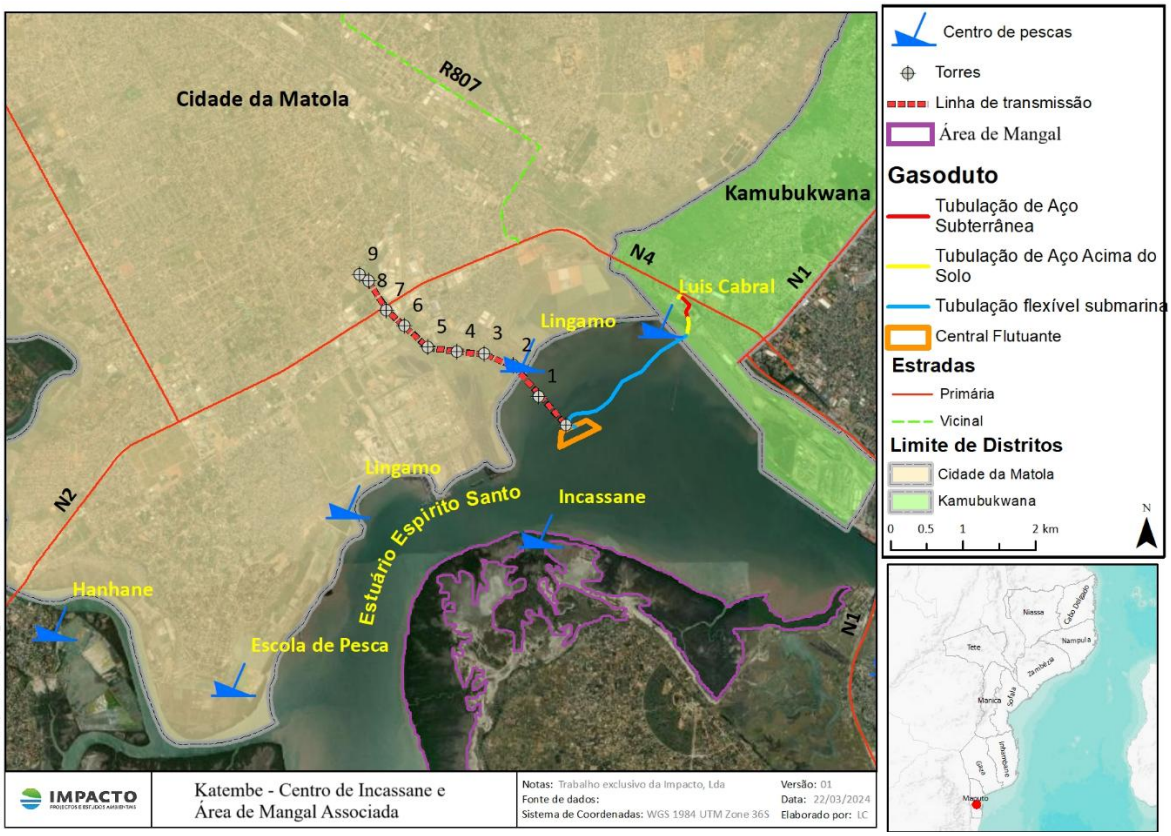


Figura 18: Katembe - Centro de Incassane e Área de mangal associada. (Adaptado de Impacto, Versão 01LC)

Classificação do impacto

Impacto: Influência de contaminantes e sólidos suspensos **Meio afectado:** Ecossistema de Mangal **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Provável	3	Provável	3
Intensidade	Alta	2	Média	1
Extensão	Local	1	Local	1
Duração	Curto prazo	2	Curto prazo	2
Magnitude	Fraca	5	Fraca	4
Significância	Baixa (15)		Negligenciável (15)	

Medidas de mitigação

- As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

Potencial Impacto 17: Influência de contaminantes e sólidos suspensos nas Salinas.

A zona do Língamo possui áreas desmatadas para a realização de actividades antrópicas como é o caso das salinas (*Error! Reference source not found.*). Espera-se que a zona das salinas tenha a sua parte marginal afectada pela actividade de dragagem por estar na zona de impacto directo, onde as correntes são mais fracas e o fluxo de sedimentos em suspensão para a costa é maior. Desta forma, espera-se que as espécies faunísticas associadas às salinas, como alguns grupos bentónicos e piscívoros, se movam desta zona dado que, ainda que por curto período, os sedimentos em suspensão atinjarão níveis elevados (100 mg/l) que podem soterrar animais bentónicos sem grande força de locomoção ou ainda bloquear as guelras de animais filtradores. As salinas não serão directamente afectadas pelas operações de dragagem, uma vez que estão protegidas por uma barreira e os níveis de sedimentos são baixos. No entanto, de modo a garantir maior eficácia na protecção desta actividade socioeconómica, o uso de barreiras flutuantes ou deflectores pode ser uma opção pois estes visam redireccionar o fluxo de água e sedimentos.

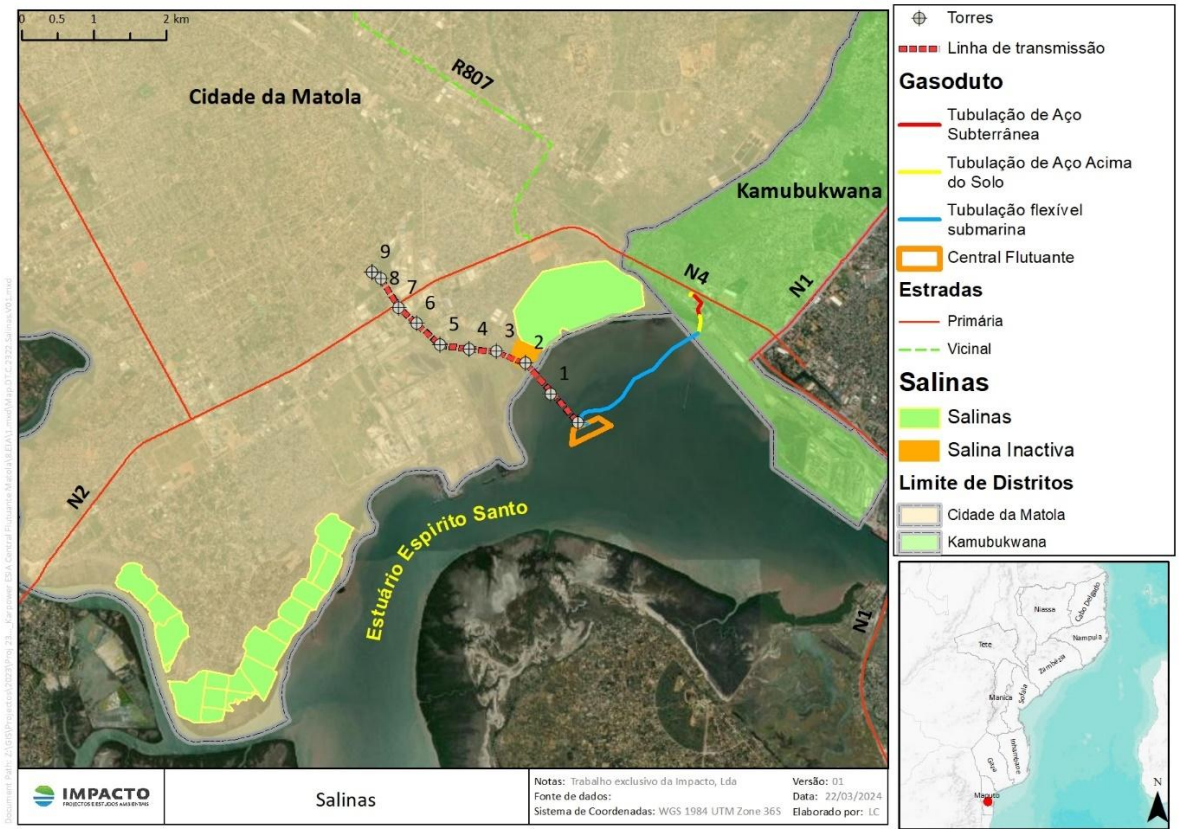


Figura 19: Salinas, representadas a verde, notando-se a sua proximidade à área de instalação da Central Flutuante (Adaptado de Impacto, Versão 01LC).

Classificação do impacto

Impacto: Influência de contaminantes e sólidos suspensos **Meio afectado:** Salinas **Fase do Projecto:** Preparação do local para a Central Flutuante (Dragagem)				
Critério de classificação	**Classificação do impacto**			
	Sem mitigação		**Com mitigação (impacto residual)**	
Natureza / Tipo	Negativo / Directo			
Probabilidade	Altamente Provável	4	Provavel	3
Intensidade	Alta	4	Média	3
Extensão	Local	1	Local	1
Duração	Curto prazo	2	Curto prazo	2
Magnitude	Média	6	Baixa	5
Significância	Moderada (24)		Baixa (15)	

Medidas de mitigação

- As mesmas previstas para o potencial impacto 1.

4.5. Observação geral

A ressuspensão de contaminantes dos sedimentos é de provável ocorrência. Ainda que as concentrações presentes nos sedimentos sejam relativamente altas, não se espera que os efeitos sejam detectáveis ou duradouros devido à provável diluição e rápida precipitação, com excepção para o mercúrio. Os resultados da modelagem da pluma mostram que os sedimentos ressuspensos serão dispersos rapidamente pela acção das marés, minimizando quaisquer impactos negativos nas áreas a montante e a jusante da zona de áreas mais afectadas. As actividades que podem causar um aumento nos sólidos suspensos podem ser programadas para ocorrer fora dos principais períodos migratórios e épocas de reprodução.

A *tabela 1-5,* constante do Anexo 2, demostra de forma generalizada os efeitos de diferentes contaminantes em diferentes grupos taxonómicos, quando expostos a concentrações elevadas de elementos tóxicos, que poderão retornar à coluna de água após a ressuspensão de sedimentos.

4.6. Medidas de Mitigação

Um dos mais importantes constituintes da qualidade de água é o oxigénio dissolvido dado que este parâmetro pode influenciar na diversidade de espécies bem como na sua distribuição e abundância. (Harrison, 2016). As medidas de mitigação podem ser avaliadas de modo a mitigar um impacto específico ou ainda de modo a mitigar os impactos no seu todo. No presente projecto é esperada a aplicação de medidas mitigadoras comuns para os diferentes impactos esperados.

Assim, a dragagem realizada durante a época seca (Maio – Julho), períodos de ventos fracos, durante a maré alta e, se possível, evitando dias chuvosos, irá minimizar o impacto causado pela pluma (sedimentos em suspensão e metais pesados na coluna de água) na biodiversidade local; fora desse período a entrada de sedimentos suspensos, matéria orgânica e nutrientes no estuário é maior, para além de que a redução nos níveis de salinidade poderá reduzir a capacidade de adsorção e precipitação de metais pesados. Por outro lado, a dragagem poderá ser realizada no início da época chuvosa (Setembro – Novembro) onde os picos de chuva são baixos e os ventos tendem a reduzir de intensidade. Se realizado mais tarde (Novembro – Fevereiro) existe o risco de impactar de forma significativa a biota local. A contenção da pluma de dragagem através da instalação de barreiras flutuantes para evitar que os sedimentos e metais pesados se espalhem pelo estuário seria uma medida eficaz de forma a reduzir a área total de impacto.

5. PLANO DE MONITORIA AMBIENTAL DA DRAGAGEM

Os principais objectivos do plano de monitoria das dragagens são:

1. Detectar alterações nas comunidades devido à dragagem
2. Minimizar os impactos negativos na biodiversidade
3. Avaliar os efeitos na biota aquática através da monitoria da dispersão das plumas
4. Monitorar a qualidade da água e dos sedimentos nas zonas afectadas e adjacentes durante e após a dragagem.

Os resultados das actividades de monitoria fornecerão informações sobre;

- Identificação de alterações na comunidade devido a dragagens.
- Dados que apoiam a mitigação do impacto na biodiversidade.
- Análise da composição de espécies nas áreas potencialmente impactadas.

5. Classificação física dos sedimentos.
6. Resultados de análises químicas de metais, pesticidas, PCBs, PAHs, etc.
7. Avaliação de impacto ecotoxicológico e dados de dispersão de plumas.
8. Relatórios de análises de qualidade da água (físico-química, química inorgânica/orgânica, bacteriológica).
9. Classificação da qualidade dos sedimentos e resultados de análises químicas.

As recomendações e o estado de implementação do plano de monitoria ambiental das dragagens são apresentadas a seguir. É de notar que as amostras colhidas durante o projecto podem ser enganadoras, pois provocarão diferenças na concentração de água e sedimentação, dependendo da estação seca e das chuvas. Assim, ao avaliar e finalizar a comparação dos resultados da análise com os dados de referência fornecidos nos Anexos 1 e 2 como tabelas de observação, pode haver necessidade de dados históricos de controlo para garantir uma monitorização e avaliação precisas**.**

Tabela 6: Sumário do Plano de monitoria ambiental

Monitoria dos parâmetros a ser analisados	Frequência de Monitoria				Locais de amostragem	Responsabilidade
	Antes da dragagem	Durante a Dragagem	Pós Dragagem	Durante a Operação*		
Monitorização da biota aquática a monitorização seja realizada em diferentes grupos biológicos, nomeadamente: Fitoplâncton; Zooplâncton; Macrofauna e Ictiofauna.	Uma semana antes da dragagem	o 1.º, 3.º, 5.º e 7.º dia do início das actividades de dragagem,	no 1º, 3º e 6º mês após a conclusão da fase de amarração.	1 ano após o início da fase de operação.	Área Controlo (A1 - baixa ou nenhuma probabilidade de assoreamento e elevados níveis de turbidez) Zonas mais afectadas (A2 e A3 - Elevada probabilidade de assoreamento e elevados níveis de turbidez) Áreas moderadamente afectadas (A4 e A5 - probabilidade moderada de assoreamento e elevados níveis de turbidez) Áreas de Baixo Impacto (A6 - baixa probabilidade de assoreamento e elevados níveis de turbidez) os pontos fornecidos pelos dados de modelação da pluma	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes
Monitorização de dispersão da pluma de dragagem Caracterização física (Classificação dos sedimentos); Caracterização química (Metais e Semimetais; Pesticidas e Organoclorados; PCBs; PAHs; Carbono Orgânico Total e Nutrientes; Ecotoxicologia; Caracterização Ecotoxicológica) e dispersão de plumas.	Uma semana antes da dragagem	o 1.º, 3.º, 5.º e 7.º dia do início das actividades de dragagem,	no 1º, 3º e 6º mês após a conclusão da fase de amarração.	1 ano após o início da fase de operação.		
Monitorização da qualidade da água e dos sedimentos Qualidade da água (Parâmetros físico-químicos; Parâmetros químicos inorgânicos; Parâmetros químicos orgânicos e Parâmetros bacteriológicos); Qualidade do sedimento (Classificação do sedimento e análise química do sedimento).	Uma semana antes da dragagem	o 1.º, 3.º, 5.º e 7.º dia do início das actividades de dragagem,	no 1º, 3º e 6º mês após a conclusão da fase de amarração.	1 ano após o início da fase de operação.		
* Os resultados da análise de monitorização provocarão diferenças na concentração de água e sedimentação dependendo da estação seca e das chuvas. Por conseguinte, as datas e as estações devem ser registadas durante as actividades de monitorização.						

5.1. Monitoria da biota aquática.

A monitoria da biota aquática é uma ferramenta importante para a avaliação da integridade do ambiente marinho, dado que os organismos reagem a qualquer estresse no ambiente onde se encontram inseridos. Para o presente estudo recomenda-se que o monitoramento seja realizado em diferentes grupos biológicos sendo estes: Fitoplâncton; Zooplâncton; Macrofauna e Ictiofauna.

O monitoramento da biota aquática teria assim como objectivos:

- ⇒ Identificar possíveis alterações nas comunidades analisadas face a actividade de dragagem.
- ⇒ Disponibilizar informações que sirvam de subsídios, caso necessário, à adopção de medidas voltadas à minimização de eventuais efeitos negativos da dragagem sobre a biodiversidade da região;
- ⇒ Determinar a composição de espécies da comunidade do fitoplâncton, ictioplâncton, zooplâncton e zoobentos da área directamente afectada pelas actividades de dragagem.

5.1.1. Fase e periodicidade da Monitoria

É recomendado que a monitoria seja realizada desde o início da fase de construção, considerando os seguintes períodos:

- ⇒ o *1º, 3º, 5º e 7º dia* do início de actividades de dragagem,
- ⇒ o *1º, 3º e 6º mês* após a conclusão da fase de amarração
- ⇒ 1 ano após o início da fase de operação.

Por outro lado, a monitoria deverá levar em conta os pontos fornecidos pelos dados de modelação da pluma de forma a padronizar os resultados. Desta forma, caso seja possível, recomenda-se que seja realizada uma amostragem imediatamente antes do início de actividades.

5.1.2. Responsabilidade

Caberá ao empreendedor, por intermédio de empresa técnica capacitada, executar os serviços especializados para a realização da análise. A validação e legitimação deverá ser executada com aval das autoridades competentes.

5.1.3. Equipa técnica

A equipa técnica, formada por profissionais da área tais como Biólogos, Oceanógrafos ou Engenheiros Ambientais, poderá abranger organizações do estado como universidades e instituições dentro do ramo, como também, consultores privados na área de gestão ambiental com comprovativo de experiência na área envolvida.

5.2. Monitoria da dispersão da pluma de dragagem

A pluma de dragagem é composta por sólidos em suspensão na coluna de água que são gerados durante a operação de dragagem. Tais sólidos podem ter impactos negativos na biodiversidade estuarina. É também recomendado que seja realizado o monitoramento da dispersão da pluma de dragagem de forma a melhor avaliar os efeitos na biota aquática. Recomenda-se que esta actividade seja realizada durante a actividade de dragagem (na zona de impacto e arredores) assim como na zona de deposição de sedimentos. Para o monitoramento da dispersão da pluma recomenda-se que sejam analisados os seguintes aspectos: caracterização física (classificação dos sedimentos); caracterização química (metais e semi-metais; pesticidas e organoclorados; PCBs; PAHs; carbono orgânico total e nutrientes; ecotoxicologia; caracterização ecotoxicológica) e a dispersão da pluma.

5.2.1. Fase e periodicidade da Monitoria

É recomendado que a monitoria seja realizada desde o início da fase de construção considerando os seguintes períodos:

- ⇒ o *1º, 3º, 5º e 7º dia* do início de actividades de dragagem,
- ⇒ o *1º, 3º e 6º mês* após a conclusão da fase de amarração
- ⇒ 1 ano após o início da fase de operação.

Por outro lado, a monitoria deverá levar em conta os pontos fornecidos pelos dados de modelação da pluma de forma a padronizar os resultados. Desta forma, caso seja possível, recomenda-se que seja realizada uma amostragem imediatamente antes do início das actividades.

5.2.2. Responsabilidade

Caberá ao empreendedor, por intermédio de empresa técnica capacitada, executar os serviços especializados para a realização da análise. A validação e legitimação deverá ser executada com aval das autoridades competentes.

5.2.3. Equipa técnica

A equipa técnica formada, por profissionais da área tais como Biólogos, Oceanógrafos ou Engenheiros Ambientais, poderá abranger organizações do estado como universidades e instituições dentro do ramo, como também, consultores privados na área de gestão ambiental com comprovativo de experiência na área envolvida.

5.3. Monitoria da Qualidade da Água e Sedimentos

Associado, recomenda-se ainda que seja monitorada a qualidade da água e sedimentos nas áreas mais afectadas e arredores, bem como na área de deposição durante e após a dragagem. Para tal recomenda-se que sejam analisados os seguintes parâmetros: Qualidade da Água (parâmetros físico-químicos; parâmetros químicos inorgânicos; parâmetros químicos orgânicos e parâmetros bacteriológicos); Qualidade do Sedimento (classificação do sedimento e análises químicas do sedimento).

5.3.1. Fase e periodicidade da Monitoria

É recomendado que a monitoria seja realizada desde o início da fase de construção considerando os seguintes períodos:

- ⇒ o *1º, 3º, 5º e 7º dia* do início de actividades de dragagem,
- ⇒ o *1º, 3º e 6º mês* após a conclusão da fase de operação
- ⇒ 1 ano após o início da fase de operação.

Por outro lado, a monitoria deverá levar em conta os pontos fornecidos pelos dados de modelação da pluma de forma a padronizar os resultados. Desta forma, caso seja possível, recomenda-se que seja realizada uma amostragem imediatamente antes do início de actividades.

5.3.2. Responsabilidade

Caberá ao empreendedor, por intermédio de empresa técnica capacitada, executar os serviços especializados para a realização da análise. A validação e legitimação deverá ser executada com aval das autoridades competentes.

5.3.3. Equipa técnica

A equipa técnica, formada por profissionais da área tais como Biólogos, Oceanógrafos ou Engenheiros Ambientais, poderá abranger organizações do estado como universidades e instituições dentro do ramo, como também, consultores privados na área de gestão ambiental com comprovativo de experiência na área envolvida.

6. PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL PARA A DRAGAGEM

O Plano de Gestão Ambiental (PGA) contém uma lista das obrigações e responsabilidades das partes envolvidas relativamente aos métodos e procedimentos que devem ser seguidos e às acções de gestão ambiental que devem ser implementadas, tendo em conta que o princípio orientador é evitar afectar negativamente a saúde e o bem-estar das pessoas e do ambiente.

O proponente do Projecto é a EDM. A EDM assinou um contracto com a Karpowership para a construção da linha de transporte e operação da Karadeniz Powership Mehmet Bey. A EDM entregará o Plano de Gestão Ambiental à Karpowership e a Karpowership será responsável pela implementação das medidas de mitigação descritas no PGA, na sua totalidade. A implementação da maioria das medidas contidas neste PGA é da responsabilidade da Karpowership; no entanto, a responsabilidade pelo cumprimento é da EDM.

As medidas e requisitos de mitigação identificados, as entidades responsáveis pela implementação de determinadas actividades, e as entidades que devem supervisionar a implementação dessas actividades estão descritas na tabela abaixo.

Tabela 7: Medidas e requisitos de mitigação identificados, as entidades responsáveis pela implementação e entidades supervisoras.

POTENCIAL IMPACTO	MEDIDAS DE OPTIMIZAÇÃO OU MITIGAÇÃO	RESPONSABILIDADE PELA IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS	SUPERVISÃO/ FISCALIZAÇÃO	AUDITORIA
Potencial Impacto 1: Redução da actividade fotossintética devido ao aumento dos níveis de turbidez	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta •Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INAMAR
Potencial Impacto 2: Perturbações na divisão celular, alterações morfológicas, ruptura celular e interferência no comportamento do fitoplâncton	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta •Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INAMAR

POTENCIAL IMPACTO	MEDIDAS DE OPTIMIZAÇÃO OU MITIGAÇÃO	RESPONSABILIDADE PELA IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS	SUPERVISÃO/ FISCALIZAÇÃO	AUDITORIA
Potencial Impacto 3: Alteração do crescimento devido à entrada de nutrientes e bioacumulação de metais pesados	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta •Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INAMAR
Potencial Impacto 4: Alteração da comunidade fitoplanctónica e formação de Blooms	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta •Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INAMAR
Potencial Impacto 5: Aumento da produtividade devido ao aumento de nutrientes	• Realização de dragagens na estação seca	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port

POTENCIAL IMPACTO	MEDIDAS DE OPTIMIZAÇÃO OU MITIGAÇÃO	RESPONSABILIDADE PELA IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS	SUPERVISÃO/ FISCALIZAÇÃO	AUDITORIA
	• Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta •Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes		empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	Development Company)/ INAMAR
Potencial Impacto 6: Redução da disponibilidade de alimento e redução da biomassa do zooplâncton	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta •Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INAMAR
Potencial Impacto 7: Bioacumulação de metais pesados	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais,	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INANAMR

POTENCIAL IMPACTO	MEDIDAS DE OPTIMIZAÇÃO OU MITIGAÇÃO	RESPONSABILIDADE PELA IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS	SUPERVISÃO/ FISCALIZAÇÃO	AUDITORIA
	•Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes		universidades ou consultores privados experientes	
Potencial Impacto 8: Asfixia e dificuldade de movimentação da infauna bentónica devido ao aumento de sedimentos provenientes das dragagens (poliquetas, oligoquetas, bivalves)	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta •Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INAMAR
Potencial Impacto 9: Asfixia e dificuldade de movimentação da epifauna bentónica devido ao aumento de sedimentos provenientes das dragagens (caranguejo, camarão)	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta •Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INAMAR

POTENCIAL IMPACTO	MEDIDAS DE OPTIMIZAÇÃO OU MITIGAÇÃO	RESPONSABILIDADE PELA IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS	SUPERVISÃO/ FISCALIZAÇÃO	AUDITORIA
Potencial Impacto 10: Reestruturação de comunidades bênticas	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta •Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INAMAR
Potencial Impacto 11: Bioacumulação de metais pesados	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta •Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INAMAR
Potencial Impacto 12: Asfixia dos peixes devido à acção da pluma Potencial Impacto 13: Visibilidade	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/

POTENCIAL IMPACTO	MEDIDAS DE OPTIMIZAÇÃO OU MITIGAÇÃO	RESPONSABILIDADE PELA IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS	SUPERVISÃO/ FISCALIZAÇÃO	AUDITORIA
reduzida dos peixes predadores/planctívoros	• Dragagem durante a maré morta alta •Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes		composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	INAMAR
Potencial Impacto 14: Mudança para áreas menos impactadas	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta •Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INAMAR
Potencial Impacto 15: Influência de contaminantes e sólidos em suspensão nos processos fisiológicos de peixes juvenis (ictioplâncton) e adultos.	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INAMAR

POTENCIAL IMPACTO	MEDIDAS DE OPTIMIZAÇÃO OU MITIGAÇÃO	RESPONSABILIDADE PELA IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS	SUPERVISÃO/ FISCALIZAÇÃO	AUDITORIA
	•Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes		consultores privados experientes	
Potencial Impacto 16: Influência dos contaminantes e sólidos em suspensão Ambiente afectado: Ecossistema de mangais	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta •Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INAMAR
Potencial Impacto 17: Influência dos contaminantes e sólidos em suspensão Ambiente afectado: Salinas	• Realização de dragagens na estação seca • Realização de dragagens durante períodos de vento fraco • Dragagem durante a maré morta alta • Realização de dragagens fora dos períodos chuvosos • Instalação de barreiras flutuantes	O Operador do Navio de Dragagem	Karpowership sob supervisão da EDM juntamente com empresa terceirizada qualificada composta por Biólogos, Oceanógrafos, Engenheiros Ambientais, universidades ou consultores privados experientes	Porto de Maputo (MPDC - Maputo Port Development Company)/ INAMAR

7. CONCLUSÃO

A pluma de dragagem poderá afectar a biodiversidade local impactando ovos e larvas bem como indivíduos juvenis e adultos de peixes e organismos bentónicos, podendo levar à morte dos sésseis[9] e obrigando os movéis a migrar para outras zonas. A turbidez poderá reduzir a penetração de luz afectando o fitoplâncton e, assim, toda a cadeia trófica através da redução de espécies.

Uma das principais medidas de mitigação seria a realização da dragagem durante a época seca, o que reduziria o risco de contaminação de metais pesados, e minimizaria as áreas mais afectadas, causado pela pluma de dragagem, à biodiversidade. Contudo, deve-se notar também que dependendo das necessidades de geração de energia do País, o início da actividade de dragagem poderá não ser programado para o início da estação seca ou poderá haver mudanças de estações devido às necessidades de manutenção dos equipamentos que também afectam o cronograma de dragagem.

As medidas de mitigação foram previstas e podem reduzir substancialmente os impactos previstos que são, de forma geral, pouso significativos. Estas medidas visam sobretudo a redução de contaminantes na coluna de água (volume de água que se estende desde a superfície da água até aos sedimentos no leito do corpo aquático); a redução do fluxo de dispersão do sedimento; o aumento na velocidade de sedimentação das partículas em suspensão; a não interferência com o ciclo de reprodução da biota aquática e a redução da possibilidade de bioacumulação de contaminantes pela biota aquática.

Recomenda-se que seja realizada a monitoria da biota aquática, da dispersão da pluma e da qualidade da água e sedimentos, durante e após a dragagem, de forma a garantir respostas rápidas de mitigação se necessário.

[9] Que está preso à parte principal do corpo de um ser vivo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anjos, D. L. (2012). Taxonomia e biomassa fitoplanctónica no estuário do rio Capibaribe (Recife, Pernambuco, Brasil). *Universidade geral de Pernambuco*, Dissertação de Mestrado, 122pp.
- Alberts-Hubatsch, H.; Lee, S. P.; Meynecke, J.; Diele, K. Nordhaus, I. Wolff, M. (2016) Life-history, movement, and habitat use of Scylla serrata (Decapoda, Portunidae): current knowledge and future challenges. *Hydrobiologia*, 763:5-21pp.
- ANZECC 20004: Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC)
- Barletta, M., Cysneiros, F. J. A., & Lima, A. R. A. (2016). Effects of dredging operations on the demersal fish fauna of a South American tropical–subtropical transition estuary. *Journal of Fish Biology*, 21pp.
- Barros, D.C.P. (2004). Influência do espigão da praia de candeias na biomassa fitoplanctónica (Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco – Brasil). *Recife, UNICAP*, 56pp.
- Batley, Graeme & Simpson, Stuart. (2013). Sediment Quality Guidelines. 10.1007/978-94-007-5704-2_92.
- Bertoldi, L. (2013). Distribuição espaço-temporal de clorofila a, fósforo total e turbidez no estuário do rio Piraquê-Açu (Aracruz, Es). *Universidade Federal do Espírito Santo*, 84pp.
- Branch, G. M., Griffiths, C., Beckley, L. E., & Branch M. L. (2010). Two Oceans: A Guide to Marine Life of Southern Africa, *Random House Struik*, 432pp.
- Brasil, A. C. S., & Silva, S. H. C. (2000). Spatial distribution of polychaeta in a soft-bottom community at Saco do Céu, Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil. *Bulletin of Marine Science*, 67(1):103-112pp.
- Caille, N., Tiffreau, C., Leyval, C., & Morel, JL. (2003) Solubility of metals in an anoxic sediment during prolonged aeration. *Sci Total Environ*, 301:239–50.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Total particulate matter. In: *Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999*. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment; 2002.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: pH (marine). In: *Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999*. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment; 1999.
- Castriota, L., Falautano, M., Maggio, T., & Perzia, Patrizia. (2022) The Blue Swimming Crab *Prortunus segnis* in the Mediterranean Sea: Invasion paths, Impacts and Management Measures. *Biology,* 11:1473pp. https://doi.org/10.3390/biology11101473

- Da Silva, A. F. (2006). Caracterização da macrofauna bentónica dos bancos areno-lamos dos estuários dos rios Pacoti e Pirangi-Ceará, Brasil. Dissertação de Mestrado, *Universidade do Ceará*, 71pp.
- Dauvin, J.-C. (2008) Effects of heavy metal contamination on the microbenthic fauna in estuaries: The case of the Seine estuary. Marine *Pollution Bulletin* 57:160–169pp.
- De la Cruz, A. A. (1981). Effects of oil on phytoplankton metabolism in natural and experimental estuarine ponds. *Marine Environmental Research*, 7:257-263pp.
- Del-Pilar-Ruso, Y., de-la-Ossa-Carretero J. S., Gimenez-Casalduero, F., Sanchez-Lizaso J. L., & San Martin, G., (2014). Checking the concurrence among macrobentic organism distribution patterns at different taxonomic scales in relation to environmental factors. *Journal of Sea Research*, 86:49-57pp.
- Duart, A.K (2008). Conhecendo o Zooplâncton. *Instituto de Oceanografia FURG*, Campos Carreiros, Cx. Postal 474, Rio Grande. 3:20pp;
- Duque, G., Gamboa-Garci, D. E., Molina, A., & Cogua, P. (2021). Influence of water quality on the macroinvertebrate community in a tropical estuary (Buenaventura Bay). *Integrated Environmental Assessment and Management*, 18(3):796-812pp.
- Du Laing, G., De Vos, R., Vandecasteele, B., Lesage, E., Tack, F. M. G., & Verloo, M. G. (2008). Effect of salinity on heavy metal mobility and availability in intertidal sediments of the Scheldt estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 77(4), 589-602. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.10.017
- Estrada, M., & Bardalet, E. (1997). Phytoplankton in a turbulent world. *Scientia Marina*, 61:125–140.
- Eggleton, J., & Thomas, K. V. (2004) A review of factors affecting the release and bioavailability of contaminants during sediment disturbance events. *Environment International* 30:973– 980.
- FAO. (2009). Mugil cephalus. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Saleh, M.A. Edited and compiled by Valerio Crespiand Michael New. CD-ROM (multilingual).
- Farhadian, O., & Pouladi, M. (2014) Seasonal Changes In The Abundance And Biomass Of Zooplankton From Shallow Mudflat River-Estuarine System In Persian Gulf. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 18(2):19-29pp.
- Farkhondeh1, G., Safaie, M., Kamrani, E., & Valinassab, T. (2018). Population parameters and reproductive biology of Otolithes ruber (Bloch & Schneider, 1801) (Teleostei: Sciaenidae) in the northern Makran Sea. *Iran. J. Ichthyol.* 5(3): 173-183pp.
- Fennessy, S. T. (2000) Aspects of the Biology of Four Species of Sciaenidae from the East Coast of South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 50:259–269 pp.
- Fernandes L. D. A., Corte, G. N., Moura, L., Reis, C., Matos, T., Moreno, D., Cortez, P. S. A., de Carvalho, W. F., Monteiro-Ribas, W., Gonçalves, J. E. A., Ribeiro, F., Thomazelli, F., Rizzini-Ansari, N., Neto, E. B.

F., Gaelzer, L. G., Martins E. S., Lobão, M. M., Baeta-Neves, M. H., & Coutinho, R. (2023). Effects of dredging activities and seasonal variation on coastal plankton assemblages: results from 10 years of environmental monitoring. *Environ Monit Assess*, 195:261pp.

- Gjøsæter, J., & Sousa, M. I. (1983) Reproduction, Age and Growth of Kelee shad *Hilsa kelee* (Cuvier, 1829) (Piscis: Fam. Clupeidae) with information on its fishery in Maputo Bay, Mozambique, *Instituto de Desenvolvimento Pesqueiro*, 54-80pp.
- Government of South Africa. Volume 1: Natural Environment. In: *South African Water Quality Guidelines for Coastal Marine Waters*. Pretoria, South Africa: Department of Water Affairs and Forestry; 1995.
- Gray, J. S., Elliot, M., (2009). Ecology of Sediments. From Science to Management. Oxford University Press, New York, 225pp
- Harrison, M.C. (2016). The Importance of Rivers in Protected Areas: Macroinvertebrate Sampling Reveals the Impact of Humans and Highways on Water Quality. Independent Study Project (ISP) Collection. 2472. http://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/2472
- Hill, B. J. (1979) Biology of The Crab *Scylla Serrata* (Forskal) Inthe St Lucia System, Transactions of the Royal Society of South Africa, 44(1):55-62pp DOI:10.1080/00359197909520079
- Lee, C.-F., Liu, K.-M., Su, W-C., & Wu, C.-C. (2005) Reproductive biology of the common ponyfish *Leiognathus equulus* in the south-western waters off Taiwan. *Fisheries Science*; 71: 551–562pp.
- Li, T., T. Liu, R. Liu, and L. Chen (2021). Diel vertical migration of dominant planktonic crustaceans in the south branch of Yangtze Estuary, China. 6(4):414-423pp. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.05.008.
- Lunt, J., Smee, D.L. (2020). Turbidity alters estuarine biodiversity and species composition. ICES *Journal of Marine Science* 77(1):379-387pp.
- Masundire, H. M (1991). Seasonal variation in size of *Bosmina longirostris* O. F. Muller in tropica Lake Kariba, Zimbabew. *Verh. Internat. Verein. Limnol*. (24): 1455:1459pp.
- Moura, A. N., Diniz, A. S., Amorim, C. A., Jhullyrson, O. F. B., Anunciação, R. R., Filho, S. L. N., & Gama, W. A. (2022) Diatomáceas cêntricas (Coscinodiscophyceae e Mediophyceae) planctónicas em dois estuários tropicais brasileiros: levantamento florístico e novos registos. *Arquivos de Ciências do Mar*, 55(1): 91-115pp.
- Musa, O.K. & Shaibu, M.M. & Kudamnya, Ebenezer. (2013). Heavy metal concentration in groundwater around Obajana and its environs. *American International Journal of Contemporary Research*. (3): 170-177.

- James, M., Osore, M., Kamau, J., & Wawiye, P. (2003). Composition, Abundance and Seasonality of Zooplankton in Mida Creek, Kenya. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.* 2(2):147–155pp.
- Nayar, S., Goh, B.P.L., & Chou, L.M. (2004). Environmental impact of heavy metals from dredged and resuspended sediments on phytoplankton and bacteria assessed in in situ mesocosms. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 59:349–369pp.
- Nocera, A. C., D. Dumont and I. R. Schloss (2020). A zooplankton diel vertical migration parameterization for coastal marine ecosystem modeling. Disponível em: https://doi.org/10.5194/bg-2020-10, acessados aos 10 de Janeiro de 2023.
- Paula José, Isabel Pinto, Isabel Guambe, Sonia Monteiro, Domingos Gove and José Guerreiro (1998). Seasonal cycle of planktonic communities at Inhaca Island, southern Mozambique. *Journal of Plankton Research* 20(11):.2165-2178pp.
- Penn, J. W.; Caputi, N.; Melville-Smith, R. (2001) Crustacean Fisheries. *Encyclopedia of Ocean Sciences* (1):570-578pp.
- Pinto-Coelho, R., B. Pinel-Alloul, G. Méthot e K. E. Havens (2005). Crustacean zooplankton in lakes and reservoirs of temperate and tropical regions: variation with trophic status. *Can. J. fish. Aquat. Sci.* 62:348-361pp.
- Rajesh, D. P., Ravi Kumar, N. D., Anjanayappa, H. N., Benakappa S., & Kumar Naik, A. S. (2016) Breeding Biology Of Otolithes Ruber (Bloch & Schneider,1801) From Mangalore Coast. *J. Exp. Zool. India* 19(2): 757-762 pp.
- Reish, D., Rossi, S. S., Mearns, A. J., Oshida., P. S. & Wilkes, F. G., (1979) Marine and Estuarine Pollution. *Water Pollution Control Federation*, 51(6):1477-1517pp.
- Republic of South Africa, Department of Forestry, Fisheries and the Environment (2022). South African Water Quality Guidelines for Coastal Marine Waters - Natural Environment and Mariculture Use. Cape Town.
- Santos, A. R. (2021) Ecosystem services and drivers of change in mangroves and seagrasses in Maputo Bay, Mozambique. *Universidade de Lisboa*, Faculdade de Ciências, 80pp.
- Sew, G & Tood, P. (2020). Effects of salinity and suspended solids on tropical phytoplankton mesocosm communities. *Tropical Conservation Science* (13):1-11pp. DOI:10.1177/1940082920939760.
- Schlacher, T. A., Connolly, R. M., Skillington, A. J., Gaston, T. F. (2009). Can export of organic matter from estuaries support zooplankton in nearshore, marine plumes? *Aquat Ecol.* 43:383–393pp.
- Souza, M. R. (2012). Influências ambientais e biológicas sobre os organismos zooplanctónicos e sua utilização como bioindicadores. *Universidade de Brasilia*, Faculdade UnB Planaltina. 40pp;

- Sturve, J., Gustavsson, M., Moksnes, P.-O., & de Abreu, D. C. (2021). Effects of pesticides and metals on penaeid shrimps in Maputo Bay, Mozambique – A field study. *Marine Pollution Bulletin,* (173):9pp.
- T. Hecht & C.D. van der Lingen (1992) Turbidity-induced changes in feeding strategies of fish in estuaries, South African Journal of Zoology, 27:3, 95-107, DOI: 10.1080/02541858.1992.11448269
- Verlecar, X.N.; Desai, S.R.; Sarkar, A. & Dalal, S.G. (2006). Biological indicators in relation to coastal pollution along Karnataka coast, India. *Water Res.,* 40(17):3304-3312pp. https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.06.022.
- Vineetha G., Jyothibabu, R., Madhu, N. V., Kusum, K. K., Sooria, P. M., Shivaprasad, A., Reny, P. D., & Deepak, M. P. (2015). Tidal influence on the diel vertical migration pattern of zooplankton in a tropical monsoonal estuary. *Wetlands*, 356(3):597-610pp.
- Wenger, A. S., Harvey, E., Wilson, S., Rawson, C., Newman, S. J., Clarke, D., & Evans, R. D. (2017). A critical analysis of the direct effects of dredging on fish. *Fish and Fisheries*, 18:967–985pp.
- Wenger, A:S., Rawson, C. A., Wilson, S., Newman, S. J., Travers, M. J., Atkinson, S., Browne, N., Clarke, D., Depczynski, M., Erftemeijer, P. L.A., Evans, R.D., Hobbs, J-P. A., McIlwain, J. L., McLean. D. L. Saunders, B. J., & Harvey, E. (2018) Management strategies to minimize the dreging impacts of coastal development on fish and fisheries. *Conservation letters,* 10pp.
- Whitfield, A. K., Panfili, J., & Durand, J.-D. (2012) A global review of the cosmopolitan flathead mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758 (Teleostei: Mugilidae), whit emphasis on the biology, genetics, ecology and fisheries aspects of this apparent species complex. *Rev Fish Biol Fisheries*, (22):641-681pp.

9. LISTA DE ANEXOS

Anexo 1- Espécies e Famílias observadas nos diferentes grupos taxonómicos.

Tabela 1-1: Lista de ocorrência de espécies de fitoplâncton nas áreas amostradas durante o final do mês de Novembro de 2022.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	CONTROLO	ÁREAS MAIS AFECTADAS	ÁREAS MODERADAMENTE AFECTADAS	ÁREAS DE BAIXO IMPACTO
BELLEROCHEACEAE	Bellerochea sp	+	+	+	+
BIDDULPHIACEAE	Biddulphia sinensis	-	+	+	-
CERATIACEAE	Ceratium furca	_	+	-	-
COSCINODISCACEAE	Coscinodiscus radiatus	+	+	+	+
COSCINODISCACEAE	Coscinodiscus sp.	+	+	+	+
COSCINODISCACEAE	Coscinodiscus centralis	_	+	+	+
COSCINODISCACEAE	Coscinodiscus oculus-irridis	_	-	+	+
DIPLONEIDACEAE	Diploneis chersonensis	+	-	-	+
FRAGILARIACEAE	Fragilaria sp	-	+	-	-
GRAMMATOPHORACEAE	Grammatophora oceanica	-	-	+	-
LITHODESMIACEAE	Ditylum brightwelli	-	+	+	+
LYRELLACEAE	Lyrella clavata	+	+	-	-
NAVICULACEAE	Trachyneis aspera	+	+	-	-
PLEUROSIGMATACEAE	Pleurosigma sp	+	+	+	+
PLEUROSIGMATACEAE	Donkinia sp	+	+	+	+
PROROCENTRACEAE	Prorocentrum lima	+	-	-	-
STEPHANODISCACEAE	Cyclotella sp	+	+	+	+
THALASSIONEMATACEAE	Thalassionema nitzschioides	+	+	+	+
THALASSIOSIRACEAE	Thalassiosira eccentrica	+	+	+	+
TRICERATIACEAE	Triceratium sp	+	+	+	+

Tabela 1-2: Lista de ocorrência de espécies de zooplâncton nas áreas amostradas durante o final do mês de Novembro de 2022.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	CONTROLO	ÁREAS MAIS AFECTADAS	ÁREAS MODERADAMENTE AFECTADAS	ÁREAS DE BAIXO IMPACTO
BRACHIONIDAE	Brachionus spp-	-	+	+	+
CHYDORIDAE	Chydorus spp.	+	+	+	+
CYCLOPIDAE	Nauplius spp.	+	+	+	+
DAPHNIIDAE	Daphnia spp.	+	+	+	+
HETERORHABDIDAE	Heterostylites spp.	+	+	+	+
LEPADELLIDAE	Colurella sp.	-	+	-	+
SYNCHAETIDAE	Synchaeta spp.	-	+	+	+

Tabela 1-3: Lista de ocorrência das Espécies de macrofauna bentónica nas áreas amostradas no mês de Novembro de 2022

FAMÍLIA	ESPÉCIES	CONTROLO	ÁREAS MAIS AFECTADAS	ÁREAS MODERADAMENTE AFECTADAS	ÁREAS DE BAIXO IMPACTO
MITRIDAE	*Mitra chrysalis*	+	-	-	-
MYTILIDAE		-	+	-	-
DONACIDAE		-	+	-	-
TEREBRIDAE	*Terebra crenulata*	-	+	-	-
VARUNIDAE	*Pseudograpsus elongatus*	-	+	-	-
GOLFINGIIDAE		-	+	-	-
EUNICIDAE		+	+	-	-
MAGELONIDAE	*Magelona cincta*	-	+	-	-
ORBINIIDAE		+	+	-	-
NEREIDIDAE		-	+	-	-
VENERIDAE	*Meretrix meretrix*	-	+	-	-
LITTORINIDAE	*Litoraria scabra*	-	+	-	-
NERITIDAE		-	+	-	-
TEREBELLIDAE		-	+	+	-
OWENIIDAE		-	+	-	-
MALDANIDAE		+	+	-	-
OREASTERIDAE		+	-	+	-
AMPHIURIDAE		-	-	+	-
PENAEIDAE	*Fenneropenaeus indicus*	-	-	-	+

Tabela 1-4: Lista de espécies de ictiofauna nas áreas amostradas no período de Novembro a Dezembro de 2022.

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	MATOLARIO (CONTROLO)	INFULENE (I. DIRECTO)	KATEMBE (I. MODERADO)
ARIIDAE	Plicofollis dussumieri (Valenciennes, 1840)	Peixe bagre	+	+	++
CONGRIDAE	Conger cinereus Rüppell, 1830	Peixe safio	+	+	++
DOROSOMATIDAE	Hilsa kelee (Cuvier, 1829)	Magumba	+++	+++	+++
HAEMULIDAE	Pomadasys kaakan	Peixe pedra	++	++	++
HAEMULIDAE	Pomadasys maculatus (Bloch, 1793)	Gonguri	++	++	++
LEIOGNATHIDAE	Leiognathus equula (Forsskål, 1775)	Mapatana	++	++	++
MUGILIDAE	Mugil cephalus Linnaeus, 1758	Tainha	++	++	++
PENAEIDAE	Penaeus indicus H. Milne Edwards, 1837	Camarao branco	++	++	++
PENAEIDAE	Penaeus monodon Fabricius, 1798	Camarao tigre gigante			+
PENAEIDAE	Metapenaeus dobsoni	Camarao fino	++	++	+++
PORTUNIDAE	Portunus segnis	Caranguejo pelágico	-	+++	+++
PORTUNIDAE	Scylla serrata	Caranguejo de mangal	++	+	+
SCIAENIDAE	Otolithes ruber	Corvina	++	++	+++
SERRANIDAE	Epinephelus sp	Garoupa	++	++	++

SILLAGINIDAE	Sillago sihama	Pescadinha	++	++	+++
SCIAENIDAE	*Johnius dussumieri* ?	macujana	+	+	-
ENGRAULIDAE	*Thryssa vitrirostris* ?	ocares	+	+	-

Nota: A presente lista inclui espécies de macrofauna de valor comercial que ocorrem na região de estudo.

(-) não abundante; (+) Fraca abundância; (++) Moderada abundância; (+++) Muito Abundante

Anexo 2 – Impactos da ressuspensão de metais e sedimentos pela actividade de dragagem nos diferentes grupos taxonómicos.

Tabela 1-5: Toxicidade de diferentes metais pesados nos diferentes grupos taxonômicos encontrados no presente estudo (Adaptado de Reish et al., 1979).

Composto tóxico	Grupo taxonómico	Efeito observado	Concentração efectiva (mg/l)
Alumínio	Poliqueta	80% de resposta de fuga	4.6 x 10-4 M
	Copepoda	96h -LC50	10
Bromine	Decapoda (pós-larva)	96h -LC50	0.6
		96h -LC50 (mudança na coloração)	0.5
	Decapoda (juvenil)	96h -LC50	0.8
Composto quarternário de amónio	Microalga	Supressão de crescimento	3-5 (> 10-5M)
Cadmio	Poliqueta	96h -LC50	2.5 - 12.1
		Supressão da reprodução	0.5 - 2.5
		aumento da reprodução	0.1
		80% de resposta de fuga	5.2 x10-4 M
	Gatsrópoda	96h -LC50	35
	Pelecipoda	96h -LC50	2.5
	Copepoda	96h -LC50	1.8
		50% de supressão de reprodução	0.01
		30semanas extinção da população	0.5
	Mysid	96h -LC50	0.015
		17d - LC 50	0.0115
	Decapoda (larva)	96h -LC50	1.3
	Decapoda	96h -LC50	0.49
	Estrela-do-mar	96h -LC50	7.1
	Peixe	96h -LC50	22
	Peixe (juvenil)	Redução do consumo de oxigénio (30 dias de exposição)	0.0005
Cálcio	Copepoda	96h -LC50	580

Composto tóxico	Grupo taxonómico	Efeito observado	Concentração efectiva (mg/l)
Cloretos (totais)	Anfipoda	1h - LC50	1.85
Cloretos residuais (totais)	Peixe	15% de redução de ovos alcançando o estágio de eclosão	0.15 - 0.38
		Redução do comprimento na eclosão	0.051 - 0.26
Crómio (trivalente)	Poliqueta	80% de resposta de fuga	1 x 10-4 M
Crómio (hexavalente)	Poliqueta	96h -LC50	3 - ＞5
		Supressão da reprodução	0.05 - 1
	Gastrópoda	96h -LC50	105
	Pelecypoda	96h -LC50	57
	Decapoda	96h -LC50	10
	Estrela-do-mar	96h -LC50	32
	Peixe	96h -LC50	91
Cobalto	Copepoda	96h -LC50	4.5
Cobre	Dinoflagelados	50% de células tornam-se não moveis	Actividade do iao cúprico 10-4 M
		Redução do crescimento	0.0005 - 0.2
	Poliqueta	96h -LC50	0.16 - 0.3
		Supressão da reprodução	0.1 - 0.25
		80% de resposta de fuga	4.8 x10-5 M
	Copepoda	48h -LC50	0.034 - 0.082
		96h -LC50	1.8
	Decapoda	96h -LC50	0.17
	Peixe	Morte de embriões	0.035
		Morte de larvas	0.3
Ferro (ferroso)	Poliqueta	80% de resposta de fuga	2.2 x 10-5 M
Ferro (férrico)	Poliqueta	80% de resposta de fuga	3.25 x 10-4 M
	Copepoda	96h -LC50	21
Chumbo	Alga	Redução na produção de O2	0.1

Composto tóxico	Grupo taxonómico	Efeito observado	Concentração efectiva (mg/l)
	Poliqueta	96h -LC50	7.7 - 20
		Supressão da reprodução	0.2 - 5
		80% de resposta de fuga	4 x 10-4M
Chumbo tetrametílico	mistura de bactérias marinhas	Taxa de respiração: sem efeito à 50% de mudança	0.9 -1.9
	microalga	Actividade fotossintética: sem efeito à 50% de redução	0.45 - 1.65
	Peixe (larva)	Mortalidade: sem efeito à 50%	0.045 - 0.1
Chumbo trietílico	mistura de bactérias marinhas	taxa de respiração: sem efeito à 50% de mudança	0.02 -0.08
	Microalga	Actividade fotossintética: sem efeito à 50% de redução	0.1 -0.15
	Peixe (larva)	Mortalidade: sem efeito à 50%	0.010 -0.065
Magnésio	Copepoda	96h -LC50	720
Manganês	Poliqueta	80% de resposta de fuga	4 x 10-6 M
	Copepoda	96h -LC50	70
Mercúrio	Poliqueta	96h -LC50	<0.1
		Supressão da reprodução	<0.1
		80% de resposta de fuga	3.25 x 10-6 M
	Gastrópoda	96h -LC50	32
	Pelycipoda	96h -LC50	0.4
		96h -LC50: 2% salinidade	0.122
		96h -LC50: 15% salinidade	0.058
	Copepoda	96h -LC50	0.23
	Decapoda	96h -LC50	0.05
	Estrela-do-mar	96h -LC50	0.06
	Peixe	96h -LC50	0.8
		Redução no consumo de O2	0.0005
Níquel	Poliqueta	96h -LC50	25

Composto tóxico	Grupo taxonómico	Efeito observado	Concentração efectiva (mg/l)
	Gastrópoda	96h -LC50	72
	Pelycipoda	96h -LC50	320
	Copepoda	96h -LC50	6
	Decapoda	96h -LC50	47
	Estrela-do-mar	96h -LC50	150
	Peixe	96h -LC50	350
Potássio	Copepoda	96h -LC50	450
Zinco	Poliqueta	96h -LC50	1.8 - 10.7
		Supressão da reprodução	0.32 - 0.56
	Gastrópoda	96h -LC50	50
	Pelecypoda	96h -LC50	7.7
	Copepoda	96h -LC50	1.45
	Decapoda	96h -LC50	0.4
	Decapoda (larva)	96h -LC50	1.23
	Estrela-do-mar	96h -LC50	39
	Peixe	96h -LC50	60

Anexo 3: Limites para a qualidade de água estuarina na costa este de África (Republic of South Africa, Department of Forestry, Fisheries and the Environment (2022)).

Padrões de qualidade de Água Estuarina					
	Unidade de Medida	**Verão**		**Inverno**	
Parâmetros físico-químicos		Costa Marinha	Estuário	Costa Marinha	Estuário
Temperatura	ºC	19 - 27	8 - 35 .	16 - 22	8 - 35 .
pH		7.9 - 8.2	Variável	7.9 - 8.2	Variável
TDS	mg/L	Não fixado	Não fixado	Não fixado	Não fixado
COD	mg/L	Não fixado	Não fixado	Não fixado	Não fixado
TSS	mg/L	Não fixado	Não fixado	Não fixado	Não fixado
Conductividade	mS	87.9			
Turbidez	NTU	Não fixado	Não fixado	Não fixado	Não fixado
Oleos e Graxas	mg/L	Não fixado	Não fixado	Não fixado	Não fixado
Chumbo	µg/L	2.2-12B,C	2.2-12B,C	2.2-12B,C	2.2-12B,C
Cobre	µg/L	0.3-8B,C	0.3-8B,C	0.3-8B,C	0.3-8B,C
Ferro	µg/L	Não fixado	Não fixado	Não fixado	Não fixado
Zinco	µg/L	7-43B,C	7-43B,C	7-43B,C	7-43B,C
Crómio	µg/L	Cr3+: 56 (Cronico)A Cr6+: 1.5 (Cronico)A ; Cr3+: 7.7-90.6B,C Cr6+: 0.14-85B,D	Cr3+: 56 (Cronico)A Cr6+: 1.5 (Cronico)A ; Cr3+: 7.7-90.6B,C Cr6+: 0.14-85B,D	Cr3+: 56 (Cronico)A Cr6+: 1.5 (Cronico)A ; Cr3+: 7.7-90.6B,C Cr6+: 0.14-85B,D	Cr3+: 56 (Cronico)A Cr6+: 1.5 (Cronico)A ; Cr3+: 7.7-90.6B,C Cr6+: 0.14-85B,D

Nota: Temperatura: Os padrões apresentados para a temperatura referem-se a temperatura superficial da água.

pH: Os níveis de pH nos estuários são tipicamente mais variáveis do que no mar devido às concentrações reduzidas de iões tampão (sal). Os níveis de pH nas partes superiores dos estuários na região de fynbos (costa oeste e sul) são frequentemente ácidos (pH <7) devido à presença de ácido húmico na água que flui de áreas

com vegetação de fynbos, e podem ser alcalinos (pH > 7) devido a influências geológicas noutras áreas. O pH das águas marinhas e estuarinas deve situar-se entre 7,0 e 8,7 unidades, a não ser que se possa demonstrar que tal pH é o resultado de processos naturais. Dentro deste intervalo, o pH não deve variar em mais de 0,2 unidades de pH do pH natural esperado nesse momento. Onde o pH se encontra naturalmente fora deste intervalo, as actividades humanas não devem provocar alterações do pH em mais de 0,2 unidades de pH em relação ao pH natural esperado nesse momento, e qualquer alteração deve tender para o intervalo recomendado (CCME 1999).

COD: A concentração mínima recomendada de OD nas águas marinhas e estuarinas é de 8,0 mg/L. A depressão do OD abaixo do valor recomendado só deve ocorrer como resultado de processos naturais. Quando o nível natural de OD for inferior à directriz provisória recomendada, a concentração natural deverá tornar-se a directriz provisória nesse local. Quando as concentrações ambientais de OD são >8,0 mg/L, as actividades humanas não devem fazer com que os níveis de OD diminuam em mais de 10% da concentração natural esperada no ambiente receptor nessa altura (CCME 1992)

TSS: Fluxo claro: Aumento máximo de 25 mg/L em relação aos níveis de base para qualquer exposição de curta duração (por exemplo, período de 24 horas). Aumento médio máximo de 5 mg/L em relação aos níveis de base para exposições de longa duração (por exemplo, inputs com duração entre 24 horas e 30 dias). Fluxo elevado: Aumento máximo de 25 mg/L em relação aos níveis de base em qualquer momento quando os níveis de base se encontram entre 25 e 250 mg/L. Não deve aumentar mais de 10% acima dos níveis de fundo quando o fundo é ≥ 250 mg/L. (CCME 2002)

Turbidez: Fluxo claro: Aumento máximo de 8 NTU em relação aos níveis de base para uma exposição de curta duração (por exemplo, período de 24 horas). Aumento médio máximo de 2 NTU em relação aos níveis de base para uma exposição a longo prazo (por exemplo, período de 30 dias). Águas de alto caudal ou turvas: Aumento máximo de 8 NTU em relação aos níveis de fundo em qualquer momento quando os níveis de fundo estão entre 8 e 80 NTU. Não deve aumentar mais de 10% dos níveis de fundo quando o fundo for > 80 NTU. (CCME 2002)

Cobre: B* Expresso como metal dissolvido (ANZECC 2000) ; C* Valores para níveis de protecção alternativos (% espécies). Os níveis alternativos incluem 80% = 8 µ/l, 90% = 3 µ/l, 95% = 1,3 µ/l e 99% = 0,3 µ/l. (ANZECC 2000)

Chumbo: B* Expresso como metal dissolvido (ANZECC 2000); Valores para níveis de protecção alternativos (% espécies). Os níveis alternativos incluem 80% = 12 µg/L, 90% = 6,6 µg/L, 95% = 4,4 µg/L e 99% = 2,2 µg/L (ANZECC 2000).

Zinco: B* Expresso como metal dissolvido (ANZECC 2000); C* Valores para níveis de protecção alternativos (% espécies). Os níveis alternativos incluem 80% = 43 µg/L, 90% = 23 µg/L, 95% = 15 µg/L e 99% = 7 µg/L (ANZECC 2000).

Crómio: A* expresso como o total de metal recuperável. (CCME 1999); B* Expresso como metal dissolvido (ANZECC 2000) ; C* Valores para níveis alternativos de protecção (% espécies) para o Cr3+. Os níveis alternativos incluem 80% = 90,6 µg/L, 90% = 48,6 µg/L, 95% = 27,4 µg/L e 99% = 7,7 µg/L (ANZECC 2000) ; D* Valores para níveis alternativos de protecção (% espécies) para o Cr6+. Os níveis alternativos incluem 80% = 85 µg/L, 90% = 20 µg/L, 95% = 4,4 µg/L e 99% = 0,14 µg/L. (ANZECC 2000)

EE-4

Pegada de Carbono da Central Termoeléctrica Flutuante de Produção de Energia

Gestão de Carbono | Sustentabilidade | Projetos de Apoio ao Clima | Políticas Públicas | Investimentos Verdes | Be CARBONFREE



Karpower Global DMCC

PEGADA DE CARBONO DA CENTRAL TERMOELÉTRICA FLUTUANTE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA, MAPUTO

CERTIFICAÇÃO apcer ISO 9001 ISO 14001 — CERTIFIED IQNet MANAGEMENT SYSTEM

ECOPROGRESSO

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO
0	11/27/2024	Emissão Inicial
1	12/23/2024	Revisão 1 – Clarificação das emissões de CO_2 evitadas

ECOPROGRESSO

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 CONTEXTO GERAL 1

1.2 ÂMBITO DE APLICAÇÃO E OBJETIVOS 5

1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO 5

2 DESCRIÇÃO DO PROJETO 7

3 METODOLOGIA 8

3.1 PEGADA DE CARBONO CORPORATIVA 8

3.2 LIMITES DO PROJETO 9

3.3 FATORES DE EMISSÃO E OUTROS PARÂMETROS RELEVANTES CONSIDERADOS 10

4 PEGADA DE CARBONO 16

4.1 PREPARAÇÃO DO LOCAL 16

4.2 FASE DE OPERAÇÃO 17

4.3 BALANÇO FINAL DE EMISSÕES 21

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 23

6 BIBLIOGRAFIA 25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fornecimento total de energia em Moçambique, 2022. 4

Figura 2. Evolução do fornecimento total de energia em Moçambique desde 2000.1 4

Figura 3. Emissões de GEE por combustível, Moçambique, 2022.3º 5

Figura 4. Localização do projeto. 7

Figura 5. Visão geral dos escopos e emissões do PGEE em toda a cadeia de valor. 8

Figura 6. Locais de Tratamento de Resíduos e Águas Residuais. 13

Figura 7. Localização das cidades de Maputo e Matola A e da CTF. 15

Figura 8. Pegada de Carbono da preparação do local. 21

Figura 9. Pegada de Carbono da Fase de Operação. 22

LISTA DE TABELAS TABELA 1. MEDIDAS PRESENTES NO ENAMAC NO SETOR ENERGÉTICO .....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

TABELA 2. FATORES DE EMISSÃO DE DIESEL E PARÂMETROS UTILIZADOS NOS CÁLCULOS..... 10

TABELA 3. FATORES DE EMISSÃO DE GÁS NATURAL E PARÂMETROS UTILIZADOS NOS CÁLCULOS..... 10

TABELA 4. PAG UTILIZADO NOS CÁLCULOS 11

TABELA 5. FATOR DE EMISSÃO DE ELETRICIDADE UTILIZADO NOS CÁLCULOS 11

TABELA 6. FATORES DE EMISSÃO DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO UTILIZADOS NOS CÁLCULOS..... 11

TABELA 7. FATORES DE EMISSÃO PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUOS UTILIZADOS NOS CÁLCULOS 12
TABELA 8. FATORES DE EMISSÃO DE RESÍDUOS PERIGOSOS UTILIZADOS NOS CÁLCULOS 13
TABELA 9. FATORES DE EMISSÃO E PARÂMETROS UTILIZADOS NO CÁLCULO DO TRATAMENTO DE ÁGUAS DOMÉSTICAS 13
TABELA 10. FATORES DE EMISSÃO UTILIZADOS NOS CÁLCULOS DO CONSUMO DE ÁGUA..... 13
TABELA 11. FATORES DE EMISSÃO PENDULARES UTILIZADOS NOS CÁLCULOS..... 13
TABELA 12. EMISSÕES DE GEE DAS OBRAS MARÍTIMAS DURANTE A PREPARAÇÃO DO LOCAL 15
TABELA 13. EMISSÕES DE GEE DA CONSTRUÇÃO DE GASODUTOS 15
TABELA 14. EMISSÕES DE GEE DA CONSTRUÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO 15
TABELA 15. EMISSÕES DE GEE PROVENIENTES DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DURANTE A PREPARAÇÃO DO LOCAL – PIPELINE 16
TABELA 16. EMISSÕES DE GEE PROVENIENTES DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DURANTE A PREPARAÇÃO DO LOCAL – LINHA DE TRANSMISSÃO 16
TABELA 17. EMISSÕES DE GEE DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DURANTE A FASE DE OPERAÇÃO (BASE ANUAL) 17
TABELA 18. EMISSÕES DE GEE PROVENIENTES DE FUGAS DE GÁS DURANTE A FASE DE OPERAÇÃO (BASE ANUAL) 17
TABELA 19. EMISSÕES DE GEE DE ÁGUAS RESIDUAIS DURANTE A FASE DE OPERAÇÃO (BASE ANUAL) 18
TABELA 20. EMISSÕES DE GEE PROVENIENTES DO CONSUMO DE ÁGUA DURANTE A FASE DE OPERAÇÃO (BASE ANUAL) 18
TABELA 21. EMISSÕES DE GEE PROVENIENTES DO TRATAMENTO DE RESÍDUOS DURANTE A FASE DE OPERAÇÃO (BASE ANUAL) 19
TABELA 22. EMISSÕES DE GEE DE RESÍDUOS PERIGOSOS DURANTE A FASE DE OPERAÇÃO (BASE ANUAL) 19
TABELA 23. EMISSÕES DE GEE PROVENIENTES DE DESLOCAÇÕES PENDULARES DURANTE A FASE DE OPERAÇÃO (BASE ANUAL) 20
TABELA 24. PEGADA DE CARBONO – PREPARAÇÃO DO LOCAL 20
TABELA 25. PEGADA DE CARBONO DA FASE DE OPERAÇÃO 21

ECOPROGRESSO

LISTA DE ABREVIATURAS

AR6 – Sexto Relatório de Avaliação do IPCC;

BUR – Relatório de Atualização Bienal;

CND - Contributo Nacionalmente Determinado de Moçambique;

CTF – Central Termoelétrica Flutuante de Produção de Energia;

CTM- Central Termoelétrica de Maputo;

CQNUAC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas

ENAMAC- Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação das Alterações Climáticas de 2012

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais;

FE – Fator de Emissão;

FUCND - Primeira Contribuição Atualizada Moçambique Nacionalmente Determinada 2020-2025

GEE – Gases com Efeito de Estufa;

IEA – Agência Internacional de Energia;

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas;

PAG – Potencial de Aquecimento Global;

PGEE – Protocolo de Gases com Efeito de Estufa;

TTE – Torres de Transporte de Energia;

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas;

ECOPROGRESSO

KARPOWER GLOBAL DMCC

PEGADA DE CARBONO DA CENTRAL TERMOELÉTRICA FLUTUANTE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA, MAPUTO

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO GERAL

Em todo o mundo, as comunidades, os proprietários de terras, as entidades públicas e os decisores estão a sentir os efeitos tangíveis das alterações climáticas.. Estes incluem o aumento das temperaturas médias, mudanças nos padrões sazonais, um aumento nos eventos climáticos extremos e o início gradual de mudanças ambientais. O ritmo a que estas alterações ocorrem, associado a atrasos nos esforços de adaptação, amplifica os desafios e os custos associados à resposta às alterações climáticas.

Atenuar as alterações climáticas significa reduzir o fluxo para a atmosfera de gases com efeito de estufa que retêm o calor. Tal implica a redução dos gases com efeito de estufa (GEE) provenientes das principais fontes, tais como centrais elétricas, fábricas, automóveis e explorações agrícolas. As florestas, os oceanos e o solo também absorvem e armazenam estes gases e são uma parte importante da solução.

A adaptação, por outro lado, envolve ajustar os sistemas ecológicos, sociais e económicos em resposta aos estímulos climáticos atuais ou previstos e os seus impactos. Engloba também a modificação de processos, práticas e estruturas para mitigar danos potenciais ou capitalizar oportunidades decorrentes das alterações climáticas. Essencialmente, os países e as comunidades devem conceber estratégias de adaptação e adotar medidas para fazer face aos impactos presentes e futuros relacionados com o clima.

Contribuições Nacionalmente Determinados de Moçambique

A localização geográfica e extensão de Moçambique proporcionam o privilégio de uma grande diversidade de recursos naturais, tais como áreas adequadas para florestas aquícolas, vida selvagem e pescas, bacias hidrográficas e fontes de energia renováveis e não renováveis. No entanto, o país é extremamente vulnerável às alterações climáticas que ocorrem através de alterações nos padrões de precipitação e temperatura, e ao aumento da frequência de eventos climáticos extremos, como inundações, secas e tempestades de vento, incluindo

ECOPROGRESSO

ciclones e o aumento do nível do mar (Ministério da Terra e Ambiente da República de Moçambique, 2022).

Conforme estabelecido na Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação às Alterações Climáticas de 2012 (ENAMAC), a prioridade nacional é definida como "aumentar a resiliência nas comunidades e na economia nacional, incluindo a redução dos riscos climáticos e promover um desenvolvimento de baixo carbono e a economia verde através da integração da adaptação e mitigação no planeamento setorial e local" (Climate Watch, 2012).

O Acordo de Paris, estabelecido em 2015, forneceu um quadro global para limitar o aquecimento global a menos de 2 °C em relação aos níveis pré-industriais, com um objetivo aspiracional de 1,5 °C. Em conformidade com este acordo, Moçambique integrou os princípios da NSCCAM na sua Contribuição Nacionalmente Determinada (CND).. Através da sua CND, Moçambique assumiu compromissos ousados para reduzir as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) e aumentar a resiliência aos impactos climáticos, garantindo que as suas estratégias de baixo carbono e desenvolvimento sustentável apoiam diretamente os objetivos globais do Acordo de Paris (Ministério da Terra e Ambiente da República de Moçambique, 2022).

No âmbitodas negociações do Acordo de Paris, Moçambique formulou e submeteu a sua previsão de Contribuição Nacionalmente Determinada a Nível Nacional (PCND) à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC), abrangendo o período de 2022 a 2025. Este documento foi atualizado em 2018, resultando na Contribuição Nacionalmente Determinada de Moçambique para 2020-2025. Em 2021, esta foi novamente revista, produzindo a Primeira Contribuição Nacionalmente Determinada Atualizada de Moçambique 2020-2025 (FUCND) (Ministério da Terra e do Ambiente da República de Moçambique, 2022).

Este relatório define os objetivos e estratégias para mitigar e reduzir os GEE e aumentar a resiliência do país às alterações climáticas. Para isso, o relatório também considera a vulnerabilidade do país aos efeitos de eventos extremos.

A componente de mitigação do FUCND 2020-2025 de Moçambique representa o esforço do país para atingir os objetivos do Acordo de Paris. Moçambique espera reduzir cerca de 4 milhões de tCO_2e de 2020 a 2025. Adicionalmente, no âmbito do Acordo de Paris, o país comprometeu-se a formular e submeter à Convenção a Estratégia de Desenvolvimento a Longo Prazo para Baixas Emissões de Gases com Efeito de Estufa (Ministério da Terra e Ambiente da República de Moçambique, 2022).

Em linha com o apresentado anteriormente, o Relatório de Atualização Bienal (BUR) foi apresentado em 2022 com o objetivo principal de

ECOPROGRESSO

fornecer informações detalhadas e atualizadas sobre os esforços que o país está a fazer para atingir as metas delineadas no FUCND. Este relatório enumera uma lista de medidas que estão a ser consideradas em vários setores a nível nacional para o período pós-2020.

Estas medidas estão alinhadas com o Projeto da Central Termoelétrica Flutuante de Maputo, atualmente em estudo, particularmente no setor da energia. A tabela abaixo, Tabela 1, enumera as medidas já apresentadas no ENAMAC e as novas medidas em análise para o período pós-2020 no setor energético, que se alinham com o projeto em estudo (Ministério da Terra e Ambiente da República de Moçambique, 2022).

Tabela 1. Medidas presentes no ENAMAC no setor energético

Ação	Medida no ENAMAC	Medida pós-2020
Melhorar o acesso às energias renováveis	Promover a expansão da rede nacional ou a criação de microrredes de distribuição de energia	Ampliação da malha urbana, realizando novas ligações; promover 100% de cobertura na ligação dos consumidores domésticos nas zonas suburbanas, nos distritos e interligados à rede nacional.
Aumentar a eficiência energética	Garantir a disponibilidade e o acesso a combustíveis fósseis de baixo carbono	–
	Promover iniciativas para substituir combustíveis com elevado teor de carbono e não renováveis por combustíveis de baixo carbono ou renováveis nos setores dos transportes e dos processos de produção	
Promover a urbanização de baixo carbono	Promover a massificação do uso do gás para transporte doméstico, industrial e público e privado como alternativa a fontes de energia menos limpas	–

O sistema energético de Moçambique

A repartição setorial das emissões de CO_2 em Moçambique é influenciada pela estrutura da sua economia e sistema energético. As centrais elétricas contribuem para as emissões através da queima de combustíveis para gerar eletricidade e calor. De acordo com o *Africa Energy Outlook – Mozambique Special Report 2024*, desenvolvido pela Deloitte, Moçambique tem o maior potencial de geração de energia entre os países da África Austral, com capacidade para gerar 187 GW a partir de carvão, energia hidroelétrica, gás natural, solar, eólica e outras fontes renováveis.

Em 2022, a AIE informou que a oferta total de energia de Moçambique, que representa a energia necessária para satisfazer a procura interna, foi composta por 64% de biocombustíveis (lenha e carvão vegetal) e resíduos, sendo o restante proveniente de petróleo, energia hidroelétrica e gás natural. A figura abaixo ilustra a distribuição percentual das fontes de produção de energia (Deloitte, 2024).

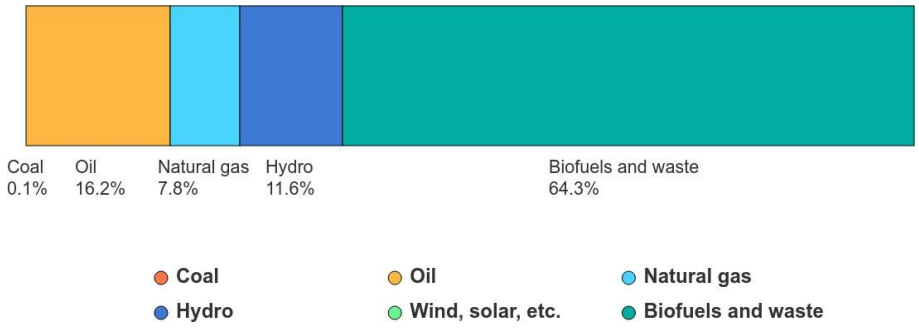


Figura 1. Fornecimento total de energia em Moçambique, 2022.[10]

A imagem abaixo, Figura 2, ilustra a evolução do fornecimento total de energia em Moçambique. Os biocombustíveis e os resíduos têm registado um aumento constante desde 2011, enquanto a energia hidroelétrica e o petróleo registaram flutuações visíveis ao longo do tempo. Além disso, o gás natural tem registado um crescimento significativo, impulsionado pelas reservas de Moçambique e pelas suas menores emissões de GEE provenientes da combustão. Como resultado, espera-se que o gás natural desempenhe um papel importante na transição energética do país (Deloitte, 2024).

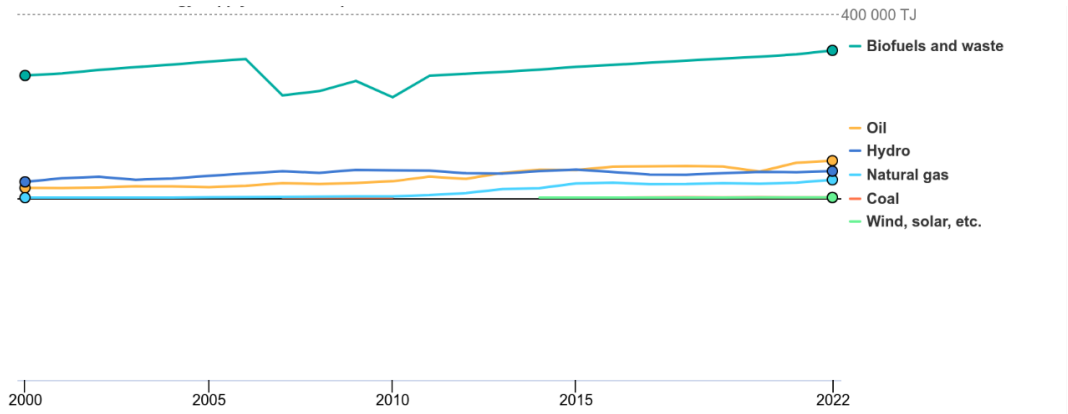


Figura 2. Evolução do fornecimento total de energia em Moçambique desde 2000.[1]

Em Moçambique, apenas cerca de 40% da população tem acesso à eletricidade, seja através da rede ou de sistemas mini/*off-grid*. Embora o

[10] Agência Internacional de Energia, 2022

governo tenha promovido soluções de energia solar fotovoltaica em áreas rurais, projetos como o Karpowership podem fortalecer significativamente o sistema elétrico nacional. Esses projetos não só reforçam o fornecimento de energia, mas também têm o potencial de reduzir as emissões de CO_2 relacionadas à produção de energia do país utilizando gás natural, um combustível fóssil com emissões menores do que o petróleo.

O gás natural produz 27,5% menos emissões[11] do que o petróleo destilado (Agência Internacional de Energia, 2022). A Figura 3 ilustra a distribuição das emissões de CO_2 por combustível em 2022, destacando que, embora o petróleo represente apenas 16% do fornecimento total de energia, é responsável por uma parcela desproporcionalmente grande das emissões de CO_2. O petróleo contribui para 70% das emissões totais, o equivalente a 5,5 milhões de toneladas de CO_2 de um total de 7,7 milhões de toneladas.

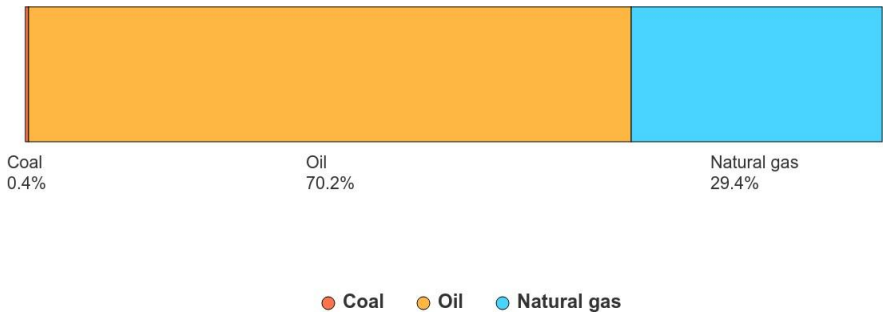


Figura 3. Emissões de GEE por combustível, Moçambique, 2022.[3º]

1.2 ÂMBITO DE APLICAÇÃO E OBJETIVOS

Este documento tem como objetivo apresentar a Pegada de Carbono (CF) da Central Termoelétrica Flutuante, a ser incluída na Avaliação de ImpactoAmbiental. A pegada de carbono ajuda a avaliar os impactos do projeto em termos de Alterações Climáticas, considerando a contribuição específica do projeto para as emissões globais dos gases com efeito de estufa.

Refira-se que, para reduzir os impactos ambientais e as emissões de GEE do sector energético, alinhar com as ações submetidas à CQNUAC, que visam melhorar o acesso a energias de baixo carbono ou renováveis nos processos industriais, aumentar a eficiência energética e promover a urbanização de baixo carbono, o projeto proposto envolve a construção de uma Central Termoelétrica Flutuante (CTF) alimentada a gás natural da Central Térmica de Maputo. O proponente está alinhado com estes objetivos e, como parte de sua estratégia de sustentabilidade, a empresa pretende monitorar as emissões de CO_2 da CTF, considerando a sua

[11] Centro de Liderança Climática Corporativa do EPA dos EUA, 2023

cadeia de valor global. Este acompanhamento será desenvolvido durante a avaliação de impacto ambiental do projeto.

1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O relatório sobre a pegada de carbono está organizado nos seguintes capítulos:

- Introdução: Antecedentes, definição de âmbitos e objetivos e estrutura do relatório (Capítulo 1);
- Descrição do Projeto: Visão geral da Central Termoelétrica Flutuante, incluindo o seu objetivo, fases, componentes-chave, localização e aspetos técnicos (Capítulo 2);
- Abordagem metodológica: Definição da pegada de carbono, âmbito 1, 2 e 3, definição de limites, fatores de emissão considerados e dados de atividade recolhidos. (Capítulo 3);
- Inventário de GEE e cálculos da pegada de carbono: operação e preparação do local (Capítulo 4);
- Conclusões e recomendações: síntese das principais conclusões e recomendações (Capítulo 5);
- Referências: referências utilizadas no estudo (Capítulo 6).

2 DESCRIÇÃO DO PROJETO

A Central Termoelétrica Flutuante de Produção de Energia (CTF) ficará ancorada ao largo da costa da Matola e terá uma capacidade instalada de 415 MW. A Central Térmica Flutuante utilizará gás natural proveniente de um gasoduto da CTM.

A mobilização e instalação da Linha de Transporte levará aproximadamente 6 a 8 meses para ser concluída. O projeto estará operacional durante, pelo menos, 3 anos.

As principais atividades para a preparação do local do projeto podem ser resumidas da seguinte forma:

- Construção e montagem de Torres de Transporte de Energia (TTE);
- Obras de Ligação Elétrica (construção da linha aérea de transporte entre o CTF e a Subestação Matola 275 kV);
- Amarração e ancoragem do CTF; e ainda,
- Um gasoduto entre o CTF e o CTM;

A Figura abaixo, Figura 4, reflete a localização de todos os componentes do projeto (CTF, TTE, linha de transporte e gasoduto).

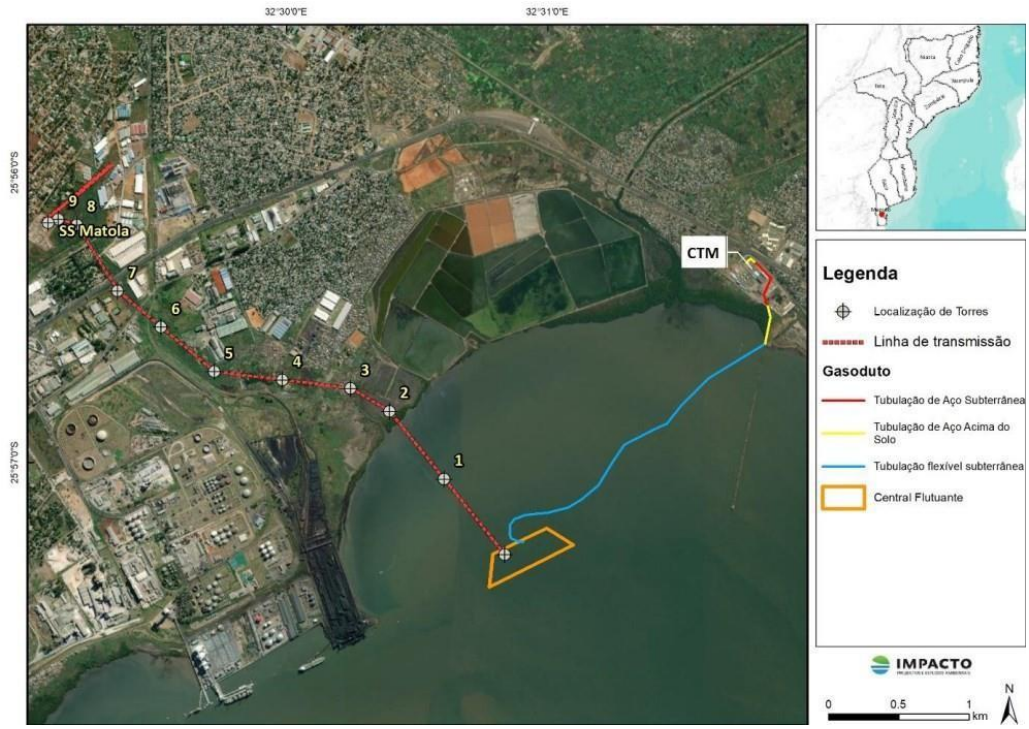


Figura 4. Localização do projeto.

3 METODOLOGIA

3.1 PEGADA DE CARBONO CORPORATIVA

A pegada de carbono será realizada seguindo as Diretrizes do Protocolo de Gases de Efeito Estufa (PGEE).

A pegada de carbono é uma ferramenta ambiental que quantifica a quantidade total de GEE emitida direta e indiretamente por uma pessoa, organização, evento, produto ou país durante um determinado período. É expressa em toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO_2e), o que significa que outros gases de efeito de estufa, como o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6), são convertidos em termos equivalentes de CO_2 com base no seu potencial de aquecimento global.

Definir limites organizacionais e físicos é o primeiro aspeto a considerar ao elaborar uma pegada de carbono, e uma definição clara e bem fundamentada é essencial. É importante identificar e selecionar todas as empresas e instalações relevantes e, dentro destas, as atividades responsáveis pela emissão de GEE.

A metodologia distingue entre três âmbitosA Figura 5 ilustra as principais fontes e colaboradores para cada âmbito e apresenta uma visão geral do método.

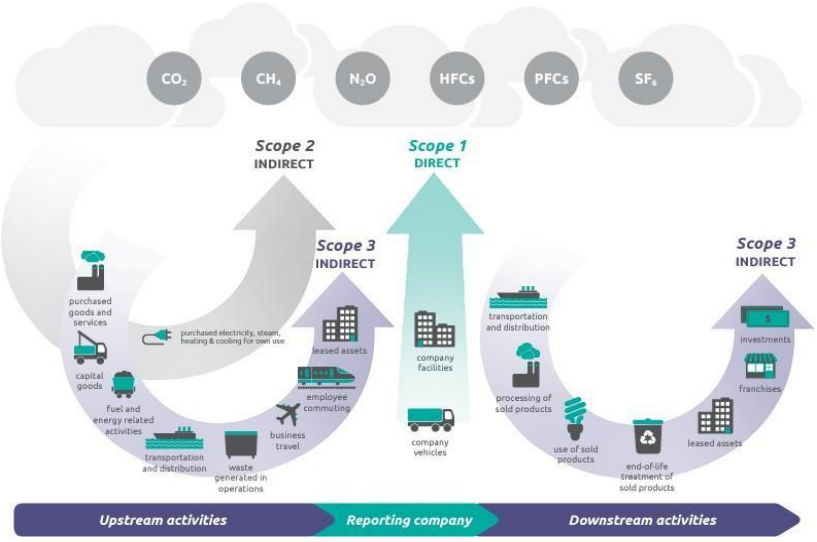


Figura 5. Visão geral dos âmbitos e emissões do PGEE em toda a cadeia de valor.[12]

[12] Agência de Proteção Ambiental, 2024

- **As emissões diretas do âmbito 1** são de responsabilidade exclusiva da empresa cujo inventário está a ser elaborado. Exemplos dessas emissões são as resultantes do consumo de combustível na frota de veículos da empresa ou em caldeiras para produzir vapor ou água quente.

- **As emissões de âmbito 2** são consideradas indiretas e são de um único tipo: dizem respeito às emissões de gases de efeito estufa resultantes da produção por terceiros de energia (elétrica e/ou térmica) para consumo pela empresa.

- **As emissões indiretas de âmbito 3** são opcionais no PGEE, mas obrigatórias no caso de suplementos específicos. Nesta categoria, são contabilizadas as emissões de fontes da cadeia de abastecimento a montante e de fontes da cadeia de distribuição e utilização a jusante, considerando que a empresa pode orientar ou influenciar toda a sua cadeia de valor. Os exemplos incluem as emissões resultantes das deslocações dos trabalhadores, das viagens de negócios e da gestão de resíduos.

3.2 LIMITES DO PROJETO

A Pegada de Carbono da CTF concentrou-se nas duas fases principais: construção e operação do projeto e suas linhas de transporte.

O inventário de emissões de GEE foi calculado para todo o período de construção (8 meses) e para um ano de operação do projeto, considerando as diretrizes e procedimentos do Protocolo de Gases com Efeito de Estufa apresentados na ISO 14064:1.

Preparação do local

Na preparação do local foram consideradas as emissões associadas ao funcionamento de máquinas, gestão de resíduos e águas residuais e transporte rodoviário durante as principais atividades, nomeadamente:

- Atividades de preparação do local para a CTF;
- Atividades de preparação para as TTE;
- Instalação da Linha de Transporte;
- Abertura das estradas de acesso ao transporte dos materiais necessários para as obras de construção.

Fase de operação

Na fase de operação, a pegada de carbono é dividida em três âmbitos, abrangendo as principais atividades de emissão de GEE:

Âmbito 1:

- Consumo de combustível para a produção de eletricidade (gás natural) – inclui a energia consumida pelo CTF;

- Fugas do sistema de arrefecimento (gases fluorados).

Âmbito 2:

- Não aplicável, a energia consumida é gerada no local.

Âmbito 3:

- Categoria 1 – Aquisição de bens e produtos (durante a fase de operação): Esta categoria inclui as emissões provenientes do transporte e tratamento da água consumida, bem como a produção de produtos consumidos em atividades de manutenção, devido à sua relevância. Outros produtos podem ser considerados em situações futuras, se forem considerados relevantes.

- Categoria 3 – Eletricidade e gás consumidos não reportados nos âmbitos 1 e 2: Esta secção avalia a cadeia de valor mais ampla (do poço ao tanque) do gás natural adquirido e consumido pelo CTF e as perdas na rede da energia produzida.

- Categoria 5 – Resíduos e águas residuais gerados em operações: Nesta categoria foram contabilizadas as emissões associadas ao transporte dos resíduos gerados no local e ao seu tratamento no destino.

- Categoria 7 – Deslocamento do funcionário e *home office*: Inclui o deslocamento do funcionário durante a fase de operação. Considerar-se-á que a mão de obra provém das imediações.

3.3 FATORES DE EMISSÃO E OUTROS PARÂMETROS RELEVANTES CONSIDERADOS

Este capítulo apresenta os Fatores de Emissão (FEs) usadas nos cálculos discutidos no capítulo seguinte (Capítulo 4). Em certos casos, os mesmos FE aplicam-se a diferentes atividades, em função das suas características.

De acordo com os dados disponíveis, os gases considerados neste inventário são dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), R-407C, R-410A e R32.

Para quantificar as emissões de GEE com precisão, os parâmetros de cálculo e os EFs para o projeto foram selecionados para refletir as condições específicas e o contexto do projeto. Foram utilizados métodos recomendados pelo Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC) e dados nacionais de Moçambique. No entanto, quando FEs específicas ou nacionais não estavam disponíveis, a equipa usou outros fatores de fontes reconhecidas nacional ou internacionalmente.

Os potenciais de aquecimento global (PAG) utilizados são os disponibilizados no Sexto Relatório de Avaliação (RA6) do IPCC.

O cálculo das emissões utilizou dados de atividade fornecidos pelo promotor do projeto e baseou-se em métodos e parâmetros específicos adaptados às várias atividades. O cálculo das emissões de GEE pode ser resumido pela equação abaixo:

$$\text{Emissões } (CO_2e) = \sum \text{dados da atividade} \times FE_{GEE} \times PAG_{GEE}$$

As próximas Tabelas, Tabela 2 a Tabela 10, resumem os FEs e parâmetros de cálculo utilizados, bem como as fontes que foram utilizadas para os cálculos, considerando as diferentes atividades.

CONSUMO DE COMBUSTÍVEL NO LOCAL

Tabela 2. Fatores de emissão de diesel e parâmetros utilizados nos cálculos.

Parâmetro	Unidade	Valor	Fonte
FE CO_2	kg/GJ	74,1	2006 IPCC – Tabela 3.2.1/3.2.2
FE CH_4		0,0039	
FE N_2O		0,00039	
PCI	GJ/t	44,3	2006 IPCC – Tabela 1.2
Fator de oxidação	-	0,99	
Densidade	kg/l	0,83	DEFRA 2024

Tabela 3. Fatores de emissão de gás natural e parâmetros utilizados nos cálculos.

Parâmetro	Unidade	Valor	Fonte
FE CO_2	kg/GJ	56,1	2006 IPCC – Tabela 3.2.1/3.2.2
FE CH_4		0,092	
FE N_2O		0,003	
PCI	GJ/t	48	2006 IPCC – Tabela 1.2
Fator de oxidação	-	0,99	
Densidade	kg/l	0,80	DEFRA 2024

ECOPROGRESSO

POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL

Tabela 4. PAG utilizado nos cálculos.

GEE	PAG	Fonte
CO_2	1	IPCC Sixth Assessment Report: Climate Change 2021 (6AR)
CH_4 (fóssil)	29,8	
N_2O	273	
R32	771	IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2015 (5AR)
R-407C	1,624	
R-410A	1,924	

ELETRICIDADE

Tabela 5. Fator de emissão de eletricidade utilizado nos cálculos.

Unidade	Valor	Fonte
$kgCO_2/kWh$	0,8665	Climate Transparency Report 2022

TRANSPORTES TERRESTRES NÃO COLETIVOS (INCLUINDO OS RESÍDUOS E OS TRANSPORTES TERRESTRES DE ÁGUAS RESIDUAIS)

Neste estudo, partiu-se do princípio de que todos os resíduos e águas residuais são transportados utilizando veículos rodoviários. Os camiões pesados foram selecionados para este efeito, assumindo o pior cenário possível, estarem totalmente carregados (100% da capacidade de carga). Assumiu-se também uma capacidade média de camiões de 22 m^3.

Tabela 6. Fatores de emissão do transporte rodoviário utilizados nos cálculos.

Modelo de veículo	Unidade	Valor	Fonte
Camião pesado	kg CO_2e/km	0,86085	DEFRA 2024
	kg CH_4/km	0,00016	
	kg N_2O/km	0,01195	

Para a eliminação de resíduos, foram consideradas duas opções de destino com base no tipo de resíduo. Os resíduos recicláveis foram transportados para o Aterro Industrial de Mavoco, localizado a 21 km do local do projeto, enquanto os resíduos sólidos urbanos foram destinados ao Aterro Sanitário de Hulene a 11 km de distância. As águas residuais foram transportadas para a Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) da Infulene, localizada a 5 km do local do projeto.

A Figura 6, ilustra as três localizações consideradas como destino final de resíduos e águas residuais, e representa também a localização da CTF.



Figura 6. Locais de Tratamento de Resíduos e Águas Residuais.

TRATAMENTO DE RESÍDUOS E ÁGUAS RESIDUAIS

Para o tratamento de resíduos e águas residuais, foi considerado não só o transporte desde o estaleiro de construção até ao destino, mas também o tipo de tratamento final, distinguindo entre compostagem e reciclagem em função do tipo de resíduo/águas residuais.

O fator de emissão selecionado representa uma atividade de mercado, que inclui uma mistura de tratamento que varia em função do tipo de resíduo. Este mercado é definido como "Resíduos, Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos, resíduos plásticos, eletrónica industrial" num contexto global. O transporte para a instalação de tratamento também está incluído neste tipo de mercado.

Tabela 7. Fatores de emissão para o tratamento de resíduos utilizados nos cálculos.

Type of treatment	Unit	Value	Source
Reciclagem	kg CO_2e /kg_{waste}	0,374	"Mercado de resíduos, MSWI, resíduos de plástico industrial eletrónica, Global" - ECOINVENT
Compostagem		8,884	"Orgânicos: resíduos de alimentos e bebidas" - DEFRA 2024

TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS – RESÍDUOS PERIGOSOS

Tal como o tratamento de resíduos, a categoria de resíduos perigosos também considerará o tipo de tratamento aplicado ao efluente, considerando a distância entre o estaleiro de construção e a ETAR.

Tabela 8. Fatores de emissão de resíduos perigosos utilizados nos cálculos.

Águas residuais	Tipo de tratamento	Unidade	Valor	Fonte
Resíduos perigosos	ETAR	kg CO_2e /m^3	0,484	"Tratamento de águas residuais, média, águas residuais tratamento, Resto do Mundo" - ECOINVENT

TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA USO DOMÉSTICO

Tabela 9. Fatores de emissão e parâmetros utilizados no cálculo do tratamento de águas domésticas.

Parâmetros	Unidade	Valor	Fonte
Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO)	kg CBO/pax*day	0,037	2006 IPCC – Tabela 6.4
FEs CH_4	kgCH_4/kg BOD	0,6	
Estação de Tratamento Aeróbio	_	0,3	

CONSUMO DE ÁGUA

Tabela 10. Fatores de emissão utilizados nos cálculos do consumo de água.

Produto	Unidade	Valor	Fonte
Água da torneira	kg CO_2e /kg	0,000552	"Produção de água da torneira, tratamento convencional, África" - ECOINVENT

DESLOCAÇÕES PENDULARES

Relativamente à deslocação pendular dos trabalhadores, partiu-se de um pressuposto com base nas duas zonas mais povoadas próximas do local: Matola A e Maputo. Assumiu-se que 60% dos trabalhadores vêm de Maputo (a cidade mais populosa entre estas duas), enquanto os restantes 40% vêm da cidade A de Matola.

Tabela 11. Fatores de emissão pendulares utilizados nos cálculos.

Tipo de veículo	Unidade	Valor	Fonte
Autocarro	kgCO_2/km.pax	0,1022	Viagem de negócios terrestre (Autocarro local médio) - DEFRA 2023,
Ferry		0,1127	Viagem de negócios: Mar - DEFRA 2023

O mapa abaixo ilustra as duas cidades mencionadas acima como potenciais pontos de partida para os trabalhadores.



Figura 7. Localização das cidades de Maputo e Matola A e da CTF.

4 PEGADA DE CARBONO

Este capítulo apresenta os dados de atividade específicos das várias atividades, fornecidos pelo promotor do projeto através de uma lista de verificação previamente elaborada.

4.1 PREPARAÇÃO DO LOCAL

O projeto está dividido em três atividades principais de construção: obras marítimas, instalação de torres elétricas e linha de transporte. Nesta fase, as emissões de GEE são geradas a partir do consumo de combustível e resíduos. A pegada de carbono total foi calculada para cada atividade com base no consumo de combustível de todos os equipamentos necessários ou dos resíduos gerados.

CONSUMO DE GÁS NATURAL

Considerando o consumo de gás natural, a atividade com maiores emissões é a construção de gasodutos, pois vai requer vários tipos de equipamentos e consome uma quantidade maior de combustível. Seguem-se as emissões que dizem respeito às obras marítimas, seguidas pela construção da linha de transporte. Durante a fase de preparação do local, com a duração de 8 meses, estimam-se as emissões globais de 57,55 tCO_2e. Importa salientar, que estas emissões são temporárias e ocorrerão apenas uma vez durante todo o ciclo de vida do projeto.

A distribuição das emissões globais pelas diferentes atividades é apresentada a seguir.

Tabela 12. Emissões de GEE das obras marítimas durante a preparação do local.

Tipo de equipamento	Tipo de combustível	Consumo de combustível (l)	Pegada de Carbono (tCO_2e)
Rebocador	Diesel	2500	6,56
Barco mergulhador[5]	Diesel	2500	6,56
Barcaça de guindaste[6]	Diesel	750	1,97
Total			**15,09**

Tabela 13. Emissões de GEE da construção de gasodutos

Tipo de equipamento	Tipo de combustível	Consumo de combustível (l)	Pegada de Carbono (tCO_2e)
Rebocador	Diesel	5000	13,12
Barcaça de guindaste	Diesel	1000	2,62
Guindaste	Diesel	4000	10,50
Empilhadeira	Diesel	500	1,31
Total			**27,55**

Tabela 14. Emissões de GEE da construção de linhas de transporte

Tipo de equipamento	Tipo de combustível	Consumo de combustível (l)	Pegada de Carbono (tCO_2e)
Grua Hi-up	Diesel	2400	6,30
Escavadora	Diesel	1600	4,20
Guindaste de 200 toneladas	Diesel	1680	4,41
Total			**14,90**

GESTÃO DE RESÍDUOS

Para esta categoria, não foi possível aceder a dados relacionados com o destino dos resíduos gerados ou com o tipo de veículo utilizado para o

transporte. Por conseguinte, partiu-se do princípio de que, em conformidade com a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL 73/78 ou "Convenção MARPOL" em resumo) (Anexos I, II IV e V), outros regulamentos internacionais e locais e o Procedimento de Gestão de Resíduos, a Karpowership fará um acordo com as empresas de eliminação de resíduos licenciadas de acordo com os regulamentos locais para eliminar todo o inventário de resíduos. Dito isto, assumiu-se que os resíduos seriam transferidos para o Aterro Industrial de Madovo, localizado em Maputo, para reciclagem. Esta instalação é um dos principais centros de gestão de resíduos perigosos e não perigosos gerados por atividades industriais.

Com base nos dados recolhidos para esta categoria, prevê-se uma quantidade de 1,74 tCO_2e para a gestão de resíduos.

Tabela 15. Emissões de GEE provenientes da geração de resíduos durante a preparação do local – Pipeline.

Tipo de resíduo	Quantidade (t)	Tratamento	Pegada de Carbono (tCO_2e)
Disco de moagem	0,20	Reciclagem	0,07
Fio de árgon	0,05	Reciclagem	0,02
Elétrodo	0,20	Reciclagem	0,07
Aço	2,00	Reciclagem	0,75
Papel e resíduos orgânicos	0,10	Reciclagem	0,04
Total			**0,95**

Tabela 16. Emissões de GEE provenientes da geração de resíduos durante a preparação do local – Linha de Transporte.

Tipo de resíduo	Quantidade (t)	Tratamento	Pegada de Carbono (tCO2e)
Palete de madeira	1,00	Reciclagem	0,37
Caixa de madeira	1,00	Reciclagem	0,37
Resíduos de condutores de alumínio	0,10	Reciclagem	0,04
Total			**0,79**

4.2 FASE DE OPERAÇÃO

Na fase operacional, o cálculo da Pegada de Carbono é dividido em três âmbitos, considerando uma base de emissões anuais. O âmbito 1 refere-se ao consumo de combustível para a produção de eletricidade e as fugas do sistema de arrefecimento (gases fluorados). O âmbito 2 não é aplicável, uma vez que toda a energia consumida é gerada no local. As atividades do âmbito 3 referem-se às emissões a montante e a jusante, tal como anteriormente descrito no capítulo 3.

ECOPROGRESSO

Consumo de combustível no local

O CTF é alimentado por gás natural, que é o único combustível utilizado. No total, prevê-se um consumo anual de cerca de 764.000 metros cúbicos de gás natural, resultando num impacto de 1732,23 tCO_2e por ano.

Tabela 17. Emissões de GEE do Consumo de combustível durante a fase de operação (base anual).

Tipo de equipamento	Consumo de combustível (m^3)	Pegada de Carbono (tCO_2e)
Gás natural	763.732,41	1732,23
Total		**1732,23**

Fugas de Gás

Em relação às fugas de gás, os equipamentos serão instalados principalmente nos escritórios laterais da unidade, átrio e sala de controle, bem como na área de alojamento e casa de máquinas. No total, serão instaladas 98 unidades de ar condicionado, 1 compressor de ar condicionado e 1 compressor de refrigeração. Para o cálculo das emissões desta atividade, considerou-se uma taxa de fuga de 5% para equipamentos de ar condicionado e uma taxa de fuga de 5,55% para equipamentos de refrigeração, conforme exposto nas diretrizes do IPCC7.[13] No total, as emissões esperadas desta atividade são de 36,16 tCO_2e.

Tabela 18. Emissões de GEE provenientes de fugas de gás durante a fase de operação (base anual).

Tipo de equipamento	Tipo de Gás	Quantidade total de gás	Pegada de Carbono (tCO2e)
16KW-UNIDADES DE CA INDEPENDENTES- AC-2	R407C	133	10,80
35KW-UNIDADES DE AC-AUTO-CONTIDAS- AC-3	R407C	84	6,82
24000BTU -AC	R32	8,8	0,34
44000BTU -AC	R410A	101,50	9,76
12000BTU -AC	R410A	19	1,83
12000BTU -AC	R410A	16,15	1,55
Área de alojamento do compressor de ar condicionado	R407C	40	3,25
Compressor de refrigeração	R407C	20	1,80
Total			**36,16**

[13] *Orientações sobre boas práticas do PIAC e gestão da incerteza nos inventários nacionais de gases com efeito de estufa (2000).*

Águas residuais

As emissões das águas residuais foram calculadas com base no número de trabalhadores presentes durante a fase de operação (8 horas/dia). No total, espera-se uma emissão de 0,021 tCO_2e para esta atividade.

Tabela 19. Emissões de GEE de águas residuais durante a fase de operação (base anual).

Produto	Número de trabalhadores	Pegada de Carbono (tCO2e)
Águas residuais	135	0,02135
Total		**0.02135**

Consumo de Água

A água consumida para uso doméstico terá um pequeno impacto na Pegada de Carbono global, embora ainda precise ser calculada. Com base numa estimativa de 1.000 m^3, as emissões esperadas são de 0,44 tCO_2e.

Tabela 20. Emissões de GEE provenientes do consumo de água durante a fase de operação (base anual).

Produto	Quantidade (m^3)	Pegada de Carbono (tCO_2e)
Consumo de água	1000	0,44
Total		**0,44**

Tratamento de Resíduos

Nesta categoria, foram feitas algumas suposições para obter a quantidade de resíduos em toneladas em vez de metros cúbicos. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental, é possível assumir a seguinte conversão volume-peso, em relação aos resíduos sólidos urbanos:

1 jarda cúbica = 2000 lb, and 1 jarda cúbica = 0,7646 m^3, e

1 lb = 0,4535 kg, esta assunção foi considerada para todos os tipos de resíduos.

Todos os tipos de resíduos, excluindo os resíduos alimentares, foram considerados como tendo zero emissões provenientes dos transportes, uma vez que estes já são contabilizados no fator de emissão escolhido para o cálculo. Assumiu-se que os resíduos alimentares eram enviados para o Aterro Sanitário de Hulene para eliminação final. A compostagem é considerada o método de tratamento dos resíduos alimentares. No total, espera-se que seja de 314,45 tCO_2e.

Tabela 21. Emissões de GEE provenientes do tratamento de resíduos durante a fase de operação (base anual).

Tipo de resíduo	Tratamento	Quantidade (t)	Pegada de Carbono (tCO2e)		
			Transporte	Resíduos	Total
Plásticos	Reciclagem	160,18	_[14]	59,91	59,91
Desperdício alimentar	Orgânico	60,51	45,85	0,54	46,39
Papel, Caixa, Garrafas, Metal	Reciclagem	258,65	_[6]	96,74	96,74
Óleo de cozinha	Reciclagem	0,12	_[6]	0,04	0,04
Resíduos hospitalares	Reciclagem	2,37	_[6]	0,89	0,89
Resíduos de pilhas e outros	Reciclagem	85,43	_[15]	31,95	31,95
Resíduos eletrónicos	Reciclagem	1,19	_[6]	0,44	0,44
Outros resíduos operacionais	Reciclagem	208,82	_[6]	78,10	78,10
					314,45

Tratamento de Águas Residuais – Resíduos Perigosos

Partiu-se do princípio de que os resíduos perigosos são enviados diretamente para a ETAR e transportados em veículo rodoviário. Portanto, as emissões do transporte e do tratamento de águas residuais foram calculadas nesta categoria. No total, serão descarregados cerca de 800 m³ de águas residuais perigosas, representando 1,15 tCO_2e.

Tabela 22. Emissões de GEE de resíduos perigosos durante a fase de operação (base anual).

Tipo de resíduo	Tratamento	Quantidade (m^3)	Pegada de Carbono (tCO_2e)		
			Transporte	Resíduos	Total
Água de porão	1,02	713	1,02	1,02	1,02
Lamas	0,07	50	0,07	0,07	0,07
Materiais oleosos	0,05	36	0,05	0,05	0,05
Total					**1,15**

Deslocações pendulares

Usando o Google Earth, foi calculada a maior distância de autocarro de cada cidade até ao local de construção. O mesmo método foi aplicado para calcular a distância percorrida por *barco* no mar. Os resultados são

[14] Market, e por esse motivo o transporte já está considerado no fator de emissão;

[15] EPA (2016) Conversão volume- peso. https://www.epa.gov/sites/default/files/201604/documents/volume_to_weight_conversion_factors_memorandum_04192016_508fnl.pdf

apresentados na Tabela abaixo. No total, o processo de deslocamento impactará aproximadamente 0,55 tCO_2e.

Tabela 23. Emissões de GEE provenientes de deslocações pendulares durante a fase de operação (base anual).

Origem	Distribuição de Trabalhadores	Distância (km) - Autocarro	Distância (km) - *barco*	Pegada de Carbono (tCO_2e)		
				Autocarro	Ferry	Total
Maputo	81	24	10	0,13	0,02	0,15
Matola A	54	36	4	0,30	0,09	0,33
Tota						**0,55**

4.3 BALANÇO FINAL DE EMISSÕES

Neste capítulo, são apresentados os resultados da Pegada de Carbono global do projeto, considerando tanto a preparação do local (ocorrência única) quanto a fase de operação (anual). Os resultados são apresentados nas seguintes Tabelas, Tabela 23 e Tabela 24.

Tabela 24. Pegada de Carbono – Preparação do Local

Preparação do Local		Pegada de Carbono (tCO_2e)
Consumo de combustível	Obras Navais	15,09
	Gasoduto	27,55
	Linha de Transporte	14,90
Gestão de Resíduos	Gasoduto	0,95
	Linha de Transporte	0,79
Total		**59,29**

Através da análise da Tabela 24, pode-se concluir que a preparação do local será responsável por 59,29 tCO_2e. A Figura 8 apresenta uma visão geral das emissões totais para esta fase e a sua distribuição pelas diferentes atividades.

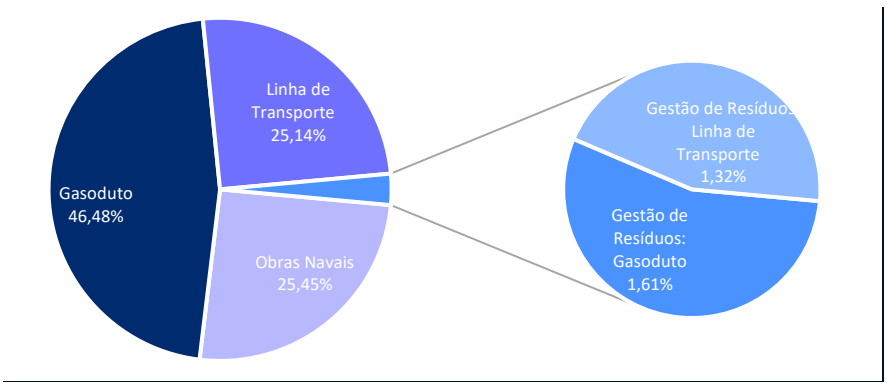


Figura 8. Pegada de Carbono da preparação do local.

Por outro lado, a fase de operação será responsável pela maior parcela das emissões de CO_2, totalizando 2084,82 tCO_2e, o que está alinhado com as expectativas. Esta fase inclui várias atividades tipicamente associadas a emissões significativas de GEE, principalmente o consumo de combustível para a produção de energia. O gás natural será responsável por 80,79% das emissões totais (1732,23 tCO_2e). O segundo maior contribuinte é o tratamento de resíduos sólidos, representando 14,67% do total de emissões (314,45 tCO_2e). Notavelmente, o transporte de resíduos para o aterro contribui com 45.85 tCO_2e. As outras atividades nesta fase representam cerca de 2% das emissões totais do projeto.

Tabela 25. Pegada de Carbono da Fase de Operação.

Fase de Operação		Pegada de Carbono – 1 ano (tCO_2e)	Pegada de Carbono - 3 anos (tCO_2e)
Consumo de combustível - gás natural		1732,23	5196,69
Fugas - Gases fluorados		36,16	108,48
Gestão de Resíduos	Águas residuais	0,021	0,06
	Consumo de Água	0,44	1,36
	Tratamento de Resíduos	314,45	943,35
	Resíduos perigosos	1,15	3,45
Deslocações pendulares		0,55	1,64
Total		**2084,99**	**6254,98**

A Figura 9 apresenta uma visão geral das emissões totais relativas à fase de funcionamento e à sua distribuição pelas diferentes atividades.

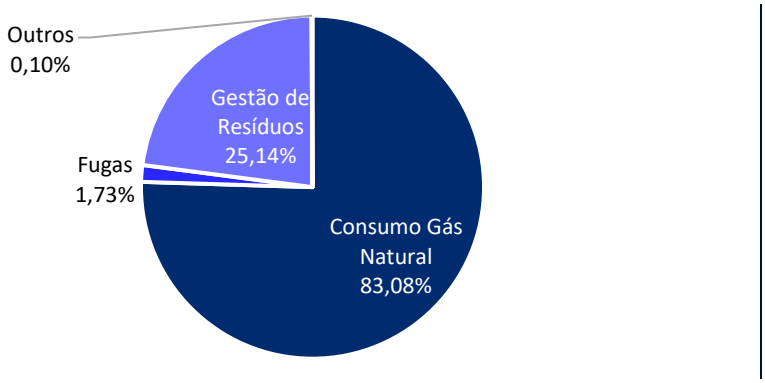


Figura 9. Pegada de Carbono da Fase de Operação.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base na análise realizada, estima-se que o total da pegada de carbono do projeto para três anos de operação a 100% de carga, seja, de aproximadamente 6313,75 tCO_2e. A preparação do local será responsável por 59,29 tCO_2e, enquanto a fase de operação deverá contribuir com 2084,92 tCO_2e anualmente. De acordo com a Agência

Ambiental Internacional[16], em Moçambique e em 2021, 2 MtCO2 de emissões foram atribuídas ao uso de gás natural pelos produtores de energia, representando 16,7% do total de emissões de CO_2 da produção de energia no país. Quando comparada com as emissões totais de energia do país, a fase operacional da Central Termoelétrica Flutuante representará 0,1% das emissões nacionais de GEE. Além disso, de acordo com[17] os dados do Climate Watch para 2021, as emissões totais do setor energético, processo industrial, agricultura, resíduos, alteração do uso do solo e silvicultura do país ascenderam a 109 MtCO2. Neste contexto, a fase de operação do CTF representará 0,002% das emissões totais do país.

Durante a fase de operação, a atividade mais impactante será o consumo de gás natural para produção de energia, responsável por 1732,23 tCO_2e, seguido pelo tratamento de resíduos, que contribuirá com 314,45 tCO_2e. Dada a duração prevista do projeto - pelo menos três anos - a pegada de carbono total é estimada em 6254,98 tCO_2e.

É importante destacar que o estudo enfrentou algumas limitações, nomeadamente no inventário de dados de operação. Particularmente, no que diz respeito aos materiais utilizados durante a preparação do local, e o seu transporte dos fornecedores para o local de construção, bem como o encaminhamento final relativo à gestão de resíduos. Em alguns casos, foram feitas assunções para garantir que a análise fosse tão abrangente quanto possível.

Em relação ao consumo anual de gás natural no CTF e à pegada de carbono resultante, é possível fazer uma análise em termos de MWh produzido, demonstrando que esta central de produção de energia, reduz significativamente as emissões de GEE. A pegada de Carbono de 1 MWh produzida é de 0,214 tCO_2e/MWh, considerando apenas o gás natural utilizado durante a fase operacional e incluindo apenas as emissões provenientes da combustão de gases, excluindo as emissões relacionadas à extração. Usando o mesmo pressuposto e focando apenas na produção de energia elétrica, a pegada de carbono de 1 MWh produzida no CTF pode ser comparada com o *mix* de rede nacional, que apresenta o fator de emissão de 0,8665 tCO_2e/MWh. Esta comparação mostra uma redução de 75% nas emissões de CO_2 por MWh produzido pelo CTF em comparação com o mix de rede nacional.

Note-se que a utilização do gás natural para a produção de energia reduz significativamente as emissões de CO_2 em comparação com o m*ix* energético nacional, como já foi referido. Isso pode ser quantificado comparando as emissões anuais do gás natural utilizado durante a

[16] https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer;
[17] https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=area&end_year=2021&gases=all-ghg&regions=MOZ&sectors=totalincluding-lucf&source=Climate%20Watch&start_year=1990

operação do CTF (1732,23 tCO_2e) com as emissões que resultariam da produção da mesma energia (8105,81 MWh) usando a matriz energética nacional (0,867 tCO_2e/MWh), o que geraria 6030,72 tCO_2e. Ao longo dos três anos de vida útil do projeto, a substituição do gás natural pela matriz energética nacional resulta num impacto evitado de (-) 12895,47 tCO_2e, representando um benefício ambiental significativo.

Para melhorar o desempenho ambiental do projeto, recomenda-se a implementação de sessões destinadas a sensibilizar os trabalhadores para as questões ambientais, particularmente na gestão de resíduos e na utilização eficiente dos recursos energéticos. Enfatizar as melhores práticas para sistemas HVAC, incluindo manutenção adequada, também é aconselhável para garantir a eficiência ideal e reduzir o consumo de energia. Embora a pegada de carbono de equipamentos elétricos e materiais utilizados na construção do CTF não tenha sido contabilizada neste estudo, recomenda-se fortemente priorizar equipamentos que estejam alinhados com critérios de sustentabilidade, como uma baixa pegada de carbono determinada através da Avaliação do Ciclo de Vida do Produto e alta eficiência energética. Além disso, a aquisição de matérias-primas localmente é incentivada, pois essa escolha pode influenciar significativamente a pegada de carbono do projeto, minimizando as emissões relacionadas ao transporte.

Aconselha-se também a integração destes esforços de compensação com iniciativas de sustentabilidade mais amplas no âmbito do projeto, tais como a redução das emissões na fonte através de práticas de eficiência energética e gestão sustentável dos recursos. A combinação destas estratégias cria uma abordagem mais abrangente para reduzir o impacto ambiental do projeto, contribuindo simultaneamente para os objetivos climáticos globais.

Climate Watch. (2012). *First CND: Mozambique - Full Content*. Obtido de República de Moçambique Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural: https://www.climatewatchdata.org/CNDs/country/MOZ/full?document=first_CND-EN Deloitte. (2024). *Africa Energy Outlook: Mozambique special report 2024.*

Environmental Protection Agency. (8 de March de 2024). *Scope 1 and Scope 2 Inventory Guidance*. Obtido de United States Environmental Protection Agency: https://www.epa.gov/climateleadership/scope-1-and-scope-2-inventory-guidance

International Energy Agency. (2022). *Mozambique Total CO2 emissions from energy*. Obtido de https://www.iea.org/countries/mozambique/emissions

International Energy Agency. (2022). *Energy system of Mozambique*. Obtido de https://www.iea.org/countries/mozambique

IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (2000).

Republic of Mozambique Ministry of Land and Environment. (2020). *Update of the First Nationally Determined Contribution to the United Nations Framework Convention on Climate Change Mozambique.*

Republic of Mozambique Ministry of Land and Environment. (2022). *First Biennial Update Report (BUR).*

U.S. Environmental Protection Agency. (2016). *Volume-to-Weight Conversion Factors.*

U.S. EPA Center for Corporate Climate Leadership. (2023). *Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories*

EE-5

Estudo Especializado em Modelação de Pluma Térmica

PRDW
Consulting Port and Coastal Engineers

KARPOWERSHIP MAPUTO ESTUDO CONCEPTUAL

Estudo Especializado em Modelação de Pluma Térmica

REV.C

04 Março 2024



Karpowership Mozambique Company
Limitada
Mozambique

KARPOWERSHIP

PRDW
Consulting Port and Coastal Engineers

KARPOWERSHIP MAPUTO ESTUDO CONCEPTUAL

Estudo Especializado em Modelagem de Pluma Térmica

Estudo especializado

S2137-6-RP-CE-002-RC

04 Março 2024

Renúncia aos direitos de autor:

Este Documento, incluindo todo o desenho e informação nele contida, é Propriedade Intelectual Confidencial do Karpowership. Os direitos de autor e todos os outros direitos são reservados por PRDW e/ou Karpowership. Este Documento só pode ser

REV.	TIPO	DATA	EXECUTADO	VERIFICADO	APROVADO	CLIENTE	DESCRIÇÃO/COMENTÁRIOS
A	A	01/02/2023	SRW	SAL			Rascunho para comentários
B	C	14/02/2023	SRW	SAL			Plano de fundo actualizado
C	C	04/03/2024	SRW	SAL			Combustível alterado para Gás Natural

TYPE OF ISSUE: (A) Draft (B) To bid or proposal (C) For Approval (D) Approved (E) Void

Karpowership Mozambique Company
Limitada
Mozambique

KARPOWERSHIP

PRDW
5th Floor, Nedbank Building, Clock Tower Precinct, Victoria & Alfred Waterfront
Cape Town, South Africa | PO Box 50323, Waterfront 8002
T: +27 21 418 3860
www.prdw.com

Cape Town, South Africa
Santiago, Chile
Perth, Australia
Seattle, USA
Vitoria, Brazil
Panama City, Panama

Contents

PÁGINA DE INFORMAÇÃO 3

1. INTRODUÇÃO 6

1.1. ANTECEDENTES 6
1.2. ÂMBITO DO TRABALHO 6
1.3. ESTRUTURA DO RELATÓRIO 7

2. CARACTERIZAÇÃO DA DESCARGA 8

3. DIRECTRIZES DE QUALIDADE DA ÁGUA 10

4. MODELAÇÃO HIDRODINÂMICA 11

4.1. INTRODUÇÃO 11
4.2. DESCRIÇÃO DO MODELO 11
4.3. CONFIGURAÇÃO DO MODELO 11
4.3.1. Malha e batimetria 11
4.3.2. Vento 14
4.3.3. Ondas 16
4.3.4. Marés 16
4.3.5. Rugosidade do leito 17
4.3.6. Descarga do rio 17
4.3.7. Dispersão vertical do Foucault 17
4.4. CALIBRAÇÃO DO MODELO 17
4.5. SELECÇÃO DO PERÍODO DE MODELAÇÃO 24
4.6. RESULTADOS 25

5. MODELAÇÃO DE PLUMA TÉRMICA 29

5.1. INTRODUÇÃO 29
5.2. DESCRIÇÃO DO MODELO 29
5.3. CONFIGURAÇÃO DO MODELO 29
5.3.1. Batimetria e malha 29
5.3.2. Vento 32
5.3.3. Níveis e correntes de água 32
5.3.4. Temperatura da água do mar 32
5.3.5. Descargas 32
5.4. CALIBRAÇÃO DE MODELOS 32
5.5. PERÍODO DE MODELAÇÃO 32
5.6. RESULTADOS 35

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 42

7. REFERÊNCIAS 43

TABELA Page N°

Tabela 2-1: Propriedades dos Navios 3

Tabela 2-2: Caracterização da descarga para a Matola: GEN-SETS e geradores de turbinas a vapor estão em uso com 100% de cargas, com geradores de água doce também em uso: 3

Tabela 4-1: Descarga média mensal para os rios Incomati, Maputo e Umbeluzi 13

Tabela 5-1: Comparação dos resultados do modelo com as directrizes de qualidade da água 37

FIGURAS Page N°

Figura 1-1: Localização do local e layout proposto para o terminal de Karpowership proposto na Matola. (Desenho ref. S2137-6-DR-CE-102-B). 1

Figura 2-1: Classe Powership Khan 3

Figura 2-2: Locais de descarga (vermelho) e de admissão (verde) de Powerships perto de Matola. 4

Figura 4-1: Batimetria utilizada no modelo hidrodinâmico regional. 8

Figura 4-2: Malha utilizada no modelo hidrodinâmico regional. As correntes e alturas de maré previstas foram aplicadas ao longo do limite aberto do mar (verde) e as descargas médias mensais dos rios Incomati, Maputo e Umbeluzi foram aplicadas nos limites do modelo a montante (ciano) 9

Figura 4-3: Traçado vectorial instantâneo dos dados de vento de ECMWF hindcast mostrando a variação na velocidade e direcção do vento sobre Maputo durante um evento do sul na Matola. 10

Figura 4-4: Rosa eólica dos dados de vento de ECMWF hindcast (1979-2020) extraídos do ponto de saída mais próximo da Matola. 10

Figura 4-5: Gráfico Q-Q comparando a velocidade do vento medida com o nó de modelo de retransmissão mais próximo 11

Figura 4-6: Gráfico Q-Q comparando a velocidade do vento medida com o nó do modelo de retransmissão em escala 12

Figura 4-7: Localização das medições disponíveis 14

Figura 4-8: Série temporal de níveis de água medidos e modelados no cais de carvão da Matola, vista detalhada 15

Figura 4-9: M01; comparação das correntes medidas e modeladas em série temporal 16

Figura 4-10: M05; Comparação de séries temporais de correntes medidas e modeladas 17

Figura 4-11: M01; Comparação percentual das velocidades de corrente medidas e modeladas para o período de 17 Janeiro 2004 a 15 Março 2004. 18

Figura 4-12: M05; Comparação percentual das velocidades de corrente medidas e modeladas para o período de 17 Janeiro 2004 a 15 Março 2004.. 18

Figura 4-13: M01; Comparação da corrente ascendente medida e modelada de correntes medidas e próximas da superfície (superior) e próximas do fundo do mar (inferior) para o período de 17 de Janeiro de 2004 a 15 de Março de 2004. 19

Figura 4-14: M05; Comparação da corrente ascendente medida e modelada de correntes medidas e próximas da superfície (superior) e próximas do fundo do mar (inferior) para o período de 17 de Janeiro de 2004 a 25 de Maio de 2004.seabed(bottom) . 19

Figura 4-15: Comparação de percentis de velocidade do vento: 2002 vs todos os dados (1979-2020) no conjunto de dados do ECMWF 20

Figura 4-16: Comparação de rosas de vento: 2002 vs todos os dados (1979-2020) na base de dados ECMWF. 21

Figura 4-17: Traçado vectorial instantâneo mostrando correntes de superfície durante a maré de cheia 22

Figura 4-18: Traçado vectorial instantâneo mostrando correntes de superfície durante a maré baixa 23

Figura 4-19: Velocidade da corrente de superfície do percentil 50 24

Figura 5-1: Modelo de batimetria utilizado no modelo de pluma térmica 26

Figura 5-2: Modelo de malha utilizada no modelo de pluma térmica. 27

Figura 5-3: ERA5 curvas de excedência de velocidade do vento para 2002, Fevereiro de 2002 e Setembro de 2002.29

Figura 5-4: ERA5 rosas de vento para 2002 e a combinação de Fevereiro e Setembro de 2002. 29

Figura 5-5: Quase à superfície ΔTs com vectores de corrente numa instância no tempo durante uma maré de cheia. 30

Figura 5-6: Quase à superfície ΔTs com vectores de corrente numa instância no tempo durante uma maré baixa 31

Figura 5-7: 95% ΔT na pior profundidade da coluna de água 33

Figura 5-8: 100% (máximo) ΔT na pior profundidade da coluna de água 34

Figura 5-9: 5-9: Secção transversal S1 do percentil 95 e 100 (máximo) ΔT (S1 na figura 5-7 e Figura 5-8)..... 35

Figura 5-10: Série cronológica de ΔT perto da superfície nos piores pontos a montante (P1) e a jusante (P2) ao longo do limite da zona de mistura de 100 m (Figure 5-7). 36

Figura 5-11: Curvas de excedência de ΔT perto da superfície no pior local a montante e a jusante ao longo do limite da zona de mistura de 100 m (Figure 5-7). 37

1. INTRODUÇÃO

1.1. Antecedentes

A Karpowership International DMCC (Karpowership) está a investigar a opção de atracar uma Central Termoeléctrica Flutuante de Maputo (Powership) da classe Khan para estabelecer um projecto da Central Termoeléctrica Flutuante de curto prazo (3 anos) na Matola, dentro da Baía de Maputo. A Central Termoeléctrica Flutuante de Maputo funcionará com Gás Natural (GN) fornecido por um gasoduto de 3 km. O layout proposto para o projecto marítimo é mostrado na Figura 1-1 abaixo:

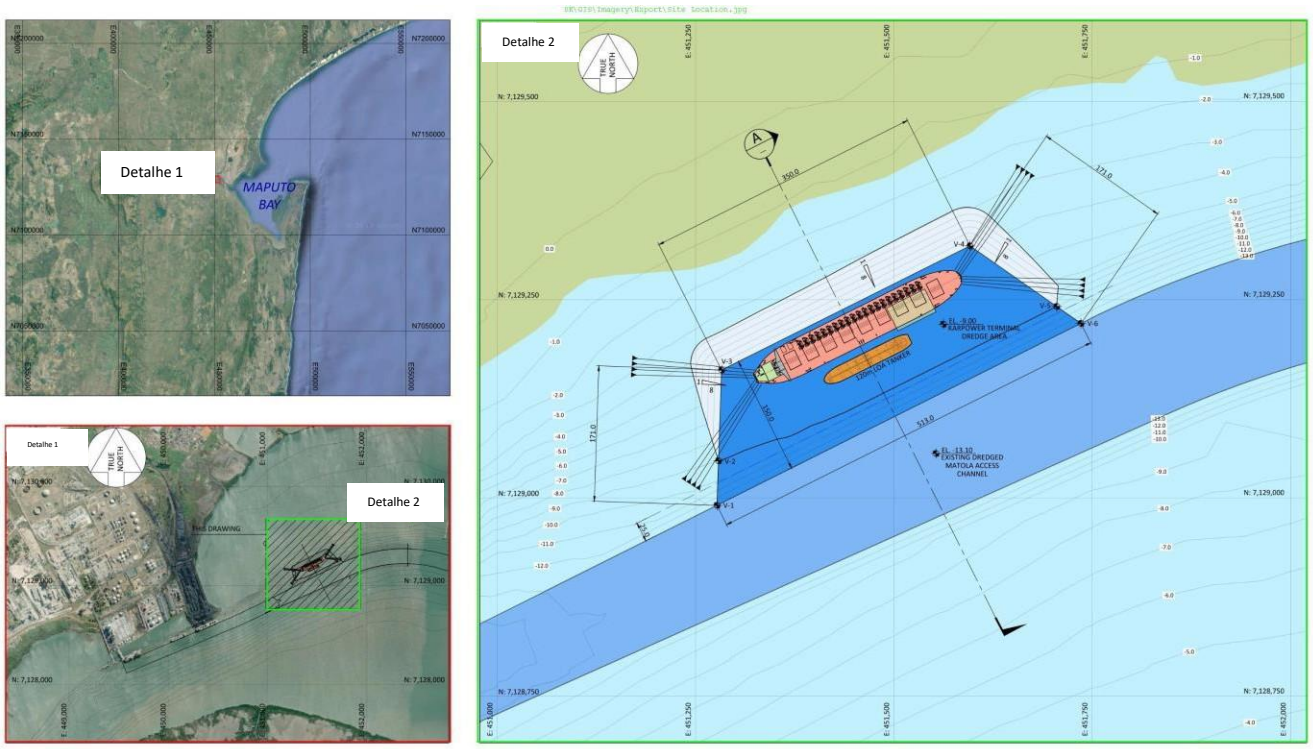


Figura 1-1: Localização e disposição do local para o terminal de Karpowership proposto na Matola.

(Desenho ref. S2137-6-DR-CE-102-B).

A PRDW foi designada pela Karpowership para simular a dispersão e extensões da pluma térmica da água de arrefecimento descarregada pela Central Termoeléctrica Flutuante de Maputo proposta na Matola. Os resultados do modelo informarão o estudo do especialista em ecologia marinha a ser levado a cabo pela Impacto.

1.2. Âmbito do Trabalho

O âmbito do trabalho e a metodologia associada são descritos a seguir:

- O modelo tridimensional MIKE 3 Flow Flexible Mesh Model por DHI será utilizado para simular as correntes de maré e de vento e a dispersão da pluma térmica.
- Apenas uma única opção de disposição do cais (isto é, localização da Central Termoeléctrica Flutuante de Maputo e área dragada) será modelada.
- Um único cenário de descarga térmica será considerado: descarga contínua a 100% de potência.
- Dois meses representativos de condições metoceânicas (vento, marés e caudais de rios) serão considerados.

- A saída do modelo compreende a mudança de temperatura (ΔT) na água circundante, devido à descarga térmica. Os resultados serão pós-processados e traçados para permitir a comparação com as directrizes internacionais de qualidade da água.
- Os resultados serão fornecidos num relatório conciso que informará o estudo do especialista em ecologia marinha.

1.3. Estrutura do Relatório

A caracterização da descarga é fornecida na Secção 2. Uma descrição das directrizes de qualidade da água aplicadas no estudo é dada na Secção 3. A configuração do modelo hidrodinâmico 3D regional é discutida na Secção 4, seguida da configuração do modelo de pluma térmica e resultados na Secção 5. As conclusões e recomendações são dadas na Secção 6, com uma lista de referências na Secção 7.

2. CARACTERIZAÇÃO DA DESCARGA

3. A configuração do navio Powership considerada para Matola consistiu num único navio da classe Khan. As propriedades da embarcação são fornecidas na Tabela 2-1 e a embarcação é ilustrada na Figura 2-1.

Tabela 2-1: Propriedades do Navio.

Classe do Navio	Comprimento entre perpendiculares (Lpp) [m]	Boca [m]	Calado [m]
Khan	291	45	5.9 – 8.8



Figura 2-1: Central Termoeléctrica Flutuante de Maputo (Powership) classe Khan.

Os navios de propulsão utilizam motores alternativos (GEN-SET) que funcionam com combustíveis líquidos e/ou gás. Podem funcionar em configurações de ciclo aberto (simples) ou em ciclo combinado, o que inclui um gerador de turbina a vapor (STG) que utiliza o calor de escape do motor e é, portanto, mais eficiente. A Central Termoeléctrica Flutuante de Maputo (Powership) têm também geradores de água doce (FW GEN) para produzir água doce para fins operacionais.

Este estudo considera o caso de descarga em que os GEN-SETs e os geradores de turbinas a vapor são utilizados com 100% de carga com os geradores de água doce também em uso. As descargas térmicas fornecidas pela Karpowership para a embarcação estão apresentadas na Tabela 2-2. A Karpowership informou que estas descargas funcionarão continuamente e que nenhum outro componente, tal como cloro ou excesso de salinidade, é adicionado à descarga de água de arrefecimento.

Tabela 2-2: Caracterização da descarga para a Matola: GEN-SETS e geradores de turbinas a vapor estão em uso com 100% de cargas, com geradores de água doce também em uso.

Powership	Fluxo total [m^3/s]			Aumento da temperatura de descarga [ΔT]		
	GEN-SET	STG	FW GEN	GEN-SET	STG	FW GEN
Khan	4.38	2.00	0.23	11.0	11.0	13.0

Os fluxos totais indicados na tabela 2-2 são descarregados através de múltiplas saídas no casco do navio. As saídas descarregam horizontalmente para longe do casco. Este estudo assumiu, de forma conservadora, que as descargas

ocorreriam perto da superfície do mar, o que resultará numa menor mistura em comparação com uma descarga a alguns metros abaixo da superfície, que ocorrerá com o calado mais profundo.

Os caudais, diâmetros de tubos e localizações para cada descarga foram obtidos a partir de desenhos de embarcações fornecidos pela Karpowership. Os locais de descarga e de admissão são mostrados na Figura 2-2, onde o contorno da embarcação representa a superfície molhada da embarcação.

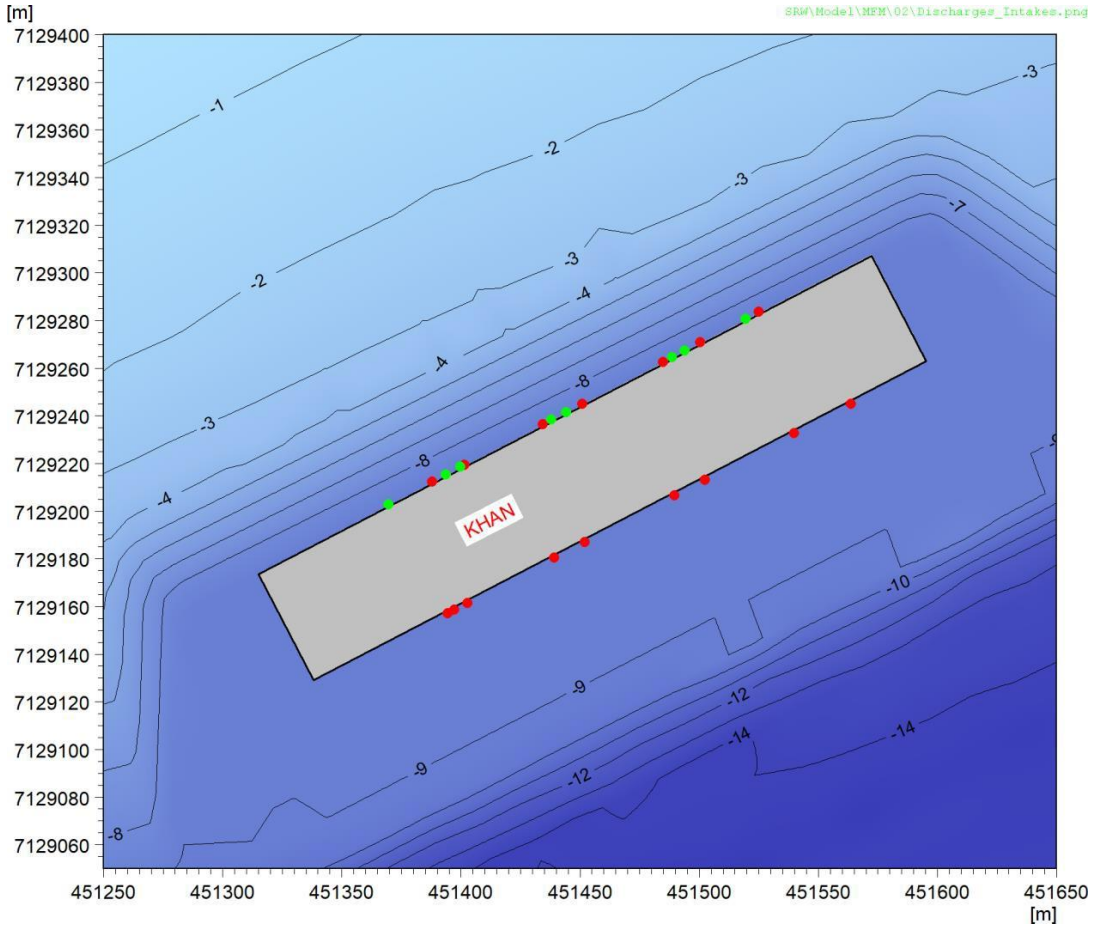


Figura 2-2: Locais de descarga (vermelho) e de admissão (verde) da Central Termoeléctrica Flutuante de Maputo perto de Matola.

4. DIRECTRIZES DE QUALIDADE DA ÁGUA

As directrizes de ambiente, saúde e segurança do Banco Mundial/IFC (Grupo do Banco Mundial, 2007) indicam que o efluente da água de arrefecimento deve resultar numa alteração de temperatura (ΔT) não superior a 3°C no limite de uma zona de mistura cientificamente estabelecida que tenha em conta a qualidade da água ambiente, a utilização da água receptora, os potenciais receptores, e a capacidade de assimilação.

Com base nesta directriz, os resultados do modelo foram apresentados como a distância necessária para cumprir a directriz ΔT de 3°C. Uma vez que ainda não foi estabelecido cientificamente o tamanho da zona de mistura neste local, foi assumida uma zona de mistura de 100 m para efeitos de apresentação dos resultados do modelo, ou seja, o ΔT a uma distância de 100 m da Central Termoeléctrica Flutuante de Maputo é também apresentada neste relatório.

As directrizes adequadas de qualidade da água e o tamanho da zona de mistura neste local deverão ser confirmados no âmbito do estudo especializado de ecologia marinha.

5. MODELAÇÃO HIDRODINÂMICA

4.1. Introdução

Esta secção descreve a modelação hidrodinâmica regional realizada para simular as correntes no Estuário do Espírito Santo e na Baía de Maputo, que são predominantemente impulsionadas pelas marés e pelo vento. As correntes e os níveis de água do modelo regional foram utilizados para forçar o modelo aninhado de pluma térmica, tal como descrito na secção 5. Esta secção inclui a validação dos dados do vento, a calibração do modelo hidrodinâmico e a selecção de períodos representativos de modelação.

4.2. Descrição do modelo

A modelação hidrodinâmica foi realizada utilizando o modelo tridimensional MIKE 3 Flow Flexible Mesh. A aplicação do modelo está descrita no Manual do Utilizador (DHI, 2023a), enquanto os detalhes completos dos processos físicos que estão a ser simulados e as técnicas de solução numérica estão descritos na Documentação Científica (DHI, 2023b).

O modelo baseia-se na solução numérica das equações tridimensionais incompressíveis de Navier–Stokes com médias de Reynolds invocando os pressupostos de Boussinesq e da pressão hidrostática. O modelo é constituído pelas equações de continuidade, momento, temperatura, salinidade e densidade, sendo fechado por um esquema de fecho de turbulência vertical k-ε. A viscosidade turbulenta horizontal é modelada através da formulação de Smagorinsky.

A integração temporal das equações de água pouco profunda e das equações de transporte é realizada utilizando um esquema semi-implícito, em que os termos horizontais são tratados explicitamente e os termos verticais são tratados implicitamente. Na direcção vertical é utilizada uma malha estruturada, baseada numa transformação por coordenadas sigma, enquanto no plano horizontal é explorada a flexibilidade geométrica da malha flexível não estruturada, composta por triângulos ou rectângulos..

O modelo MIKE 3 Flow Flexible Mesh inclui os seguintes fenómenos físicos neste projecto:

- Correntes devidas a marés;
- Correntes devido ao stress do vento na superfície da água;
- Correntes devido a gradientes de densidade (modelo de pluma térmica apenas;
- Força de Coriolis;
- Fricção de fundo;
- Inundação e secagem; e
- Fontes e sumidouros (apenas modelo de pluma térmica).

4.3. Configuração do modelo

4.3.1. Malha e batimetria

O sistema de coordenadas WGS84 UTM36S foi utilizado para este estudo. Todas as parcelas espaciais incluem eixos x e y mostrando as coordenadas x e y em metros no sistema WGS84 UTM36S. O Norte verdadeiro está sempre a apontar para cima. Os níveis do fundo marinho e da água neste estudo são relativos ao Chart Datum (CD) em Maputo, que está 2,0 m abaixo do nível médio do mar (MSL).

A batimetria e a malha utilizada no modelo hidrodinâmico são apresentadas na figura 4-1 e figura 4-2 respectivamente. A malha estende-se 100 km de sul a norte e segue aproximadamente o contorno da batimetria -

200 m CD ao longo da fronteira offshore. A malha horizontal compreende triângulos com uma resolução que varia entre aproximadamente 2,0 km perto do limite offshore a cerca de 40 m na instalação do projecto proposto. Foram utilizados elementos quadrangulares nos limites do modelo, rios ou canais e ao longo dos contornos do cais dragado do terminal do Karpowership. A malha vertical compreendia cinco camadas sigma com espessuras de camadas iguais.

Os dados batimétricos e topográficos foram obtidos a partir de uma combinação da Base de Dados Gráficos Electrónicos CMAP por DHI A/S (DHI, 2023c), cartas náuticas, levantamentos de canais disponíveis e dados topográficos da Missão de Topografia de Radar Shuttle (SRTM, 2020).

Onde os levantamentos se sobrepõem, foi aplicado o levantamento mais recente. A área de dragagem planeada para o terminal (ver figura 1-1) foi também incluída na batimetria.

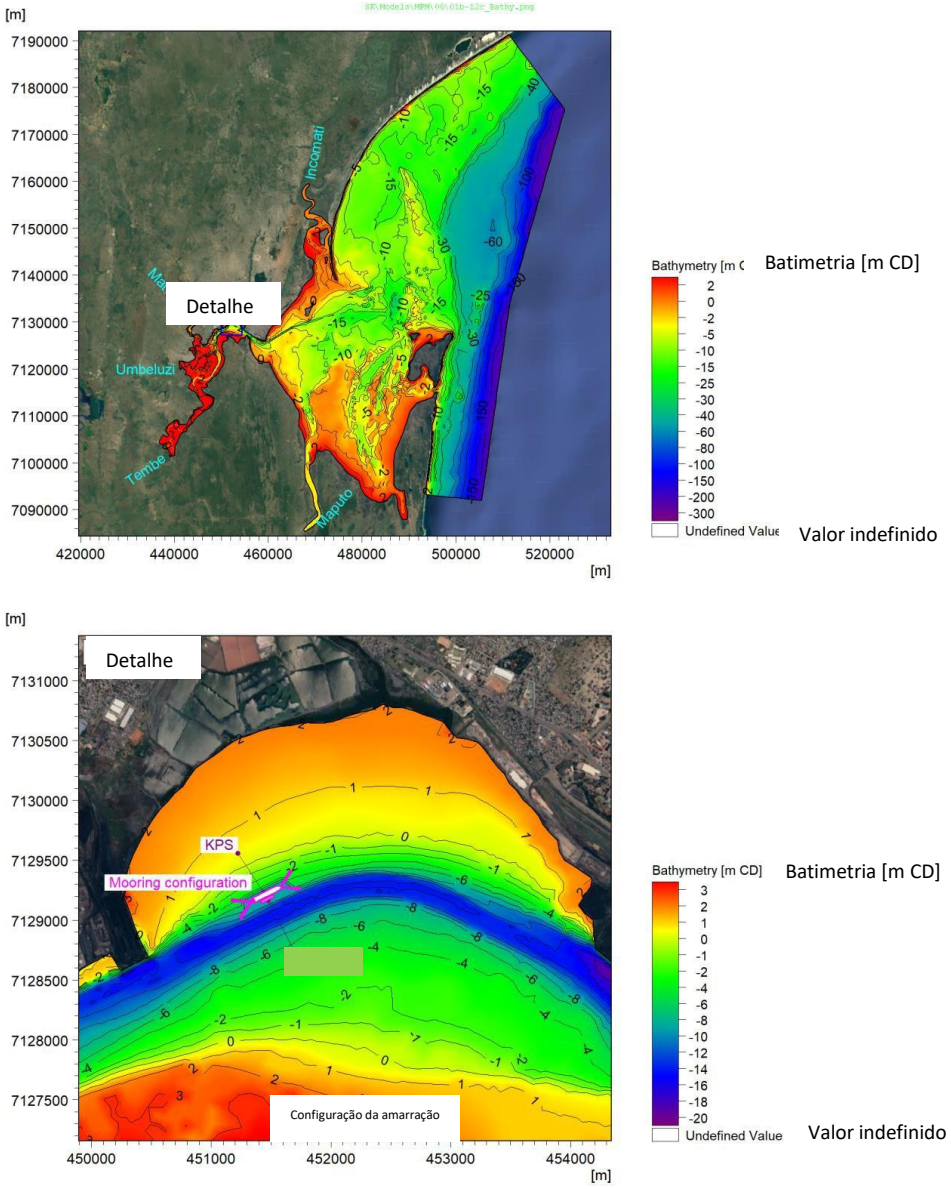


Figura 4-1: Batimetria utilizada no modelo hidrodinâmico regional.

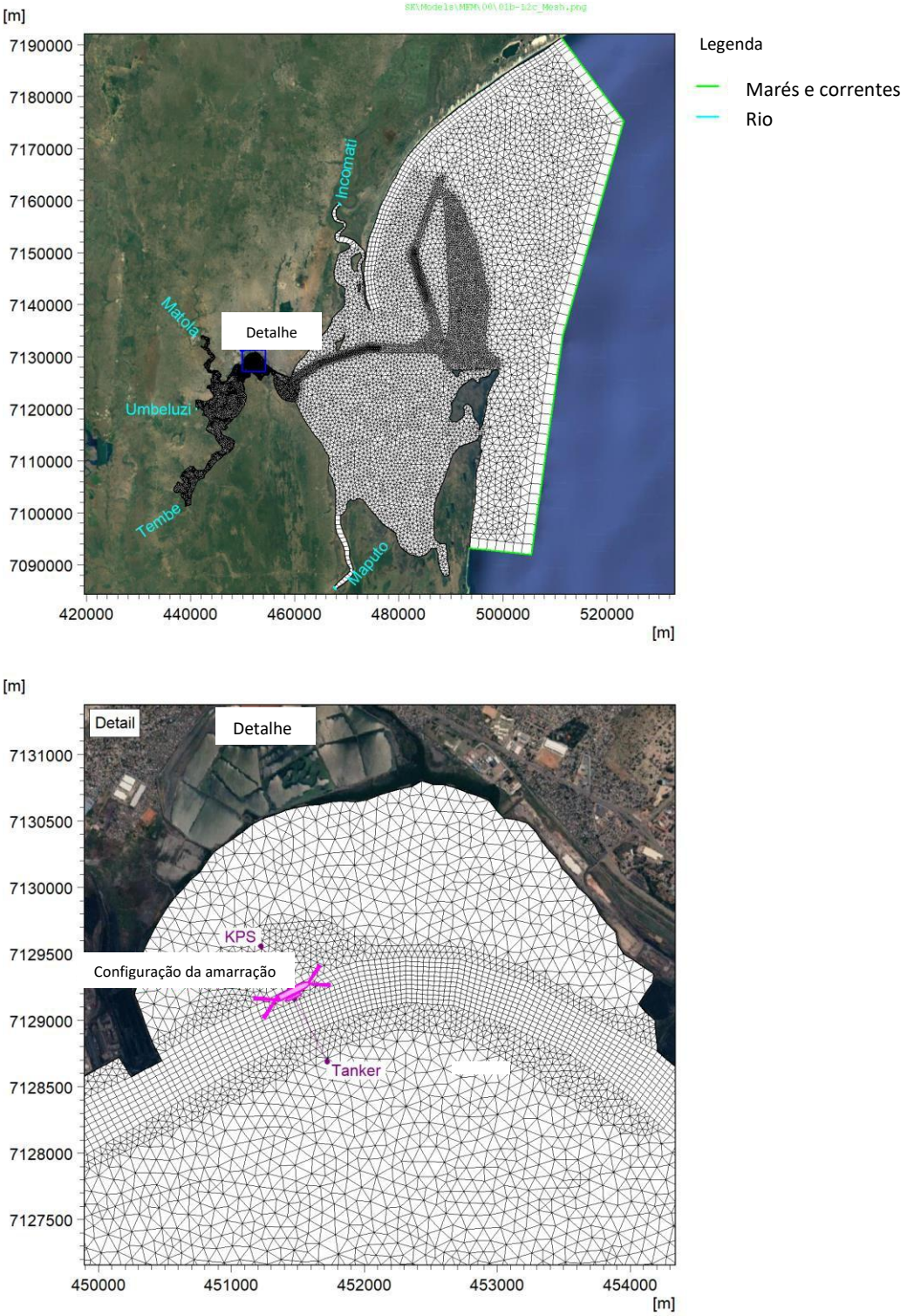


Figura 4-2: Malha utilizada no modelo hidrodinâmico regional. As correntes e alturas de maré previstas foram aplicadas ao longo do limite aberto da costa (verde) e as descargas médias mensais dos rios Incomati, Maputo e Umbeluzi foram aplicadas nos limites do modelo a montante (ciano).

4.3.2. Vento

É preferível que se aplique ao modelo uma força de vento equidistante e espacialmente variável para capturar da melhor forma quaisquer variações espaciais no campo do vento. Os dados retrospectivos relativos ao vento estavam disponíveis no Centro Europeu de Previsões Meteorológicas a Médio Prazo (ECMWF) modelo retrospectivo ERA5 (ECMWF, 2020). O conjunto de dados retrospectivos seleccionado contém 42 anos (1979 a 2020) de dados de vento espacialmente variáveis, disponíveis numa grelha de 0,25° × 0,25°.

A Figura 4-3 mostra um diagrama vectorial instantâneo dos dados retrospectivos de vento do ECMWF para Maputo, e a Figura 4-4 apresenta uma rosa dos ventos com base nos dados de vento extraídos do ponto de saída mais próximo de Matola. Note-se que, por convenção, a direcção do vento corresponde à direcção de onde o vento sopra, medida no sentido dos ponteiros do relógio a partir do norte verdadeiro.

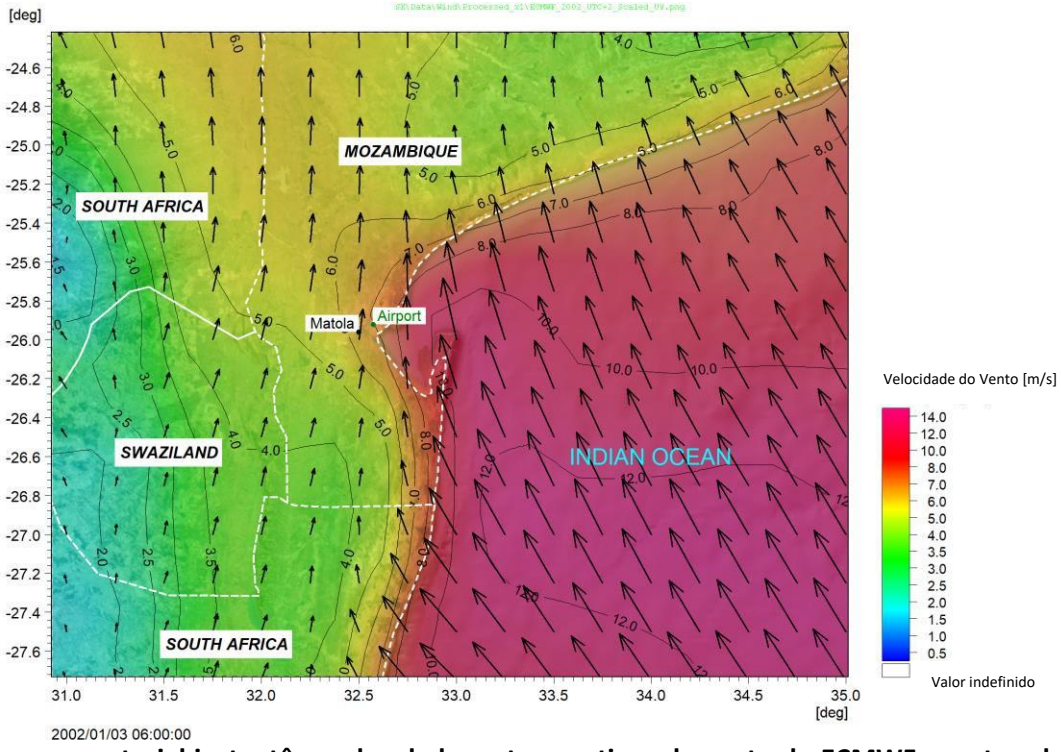


Figura 4-3: Diagrama vectorial instantâneo dos dados retrospectivos de vento do ECMWF, mostrando a variação da velocidade e da direcção do vento sobre Maputo durante um evento de vento de sul em Matola.

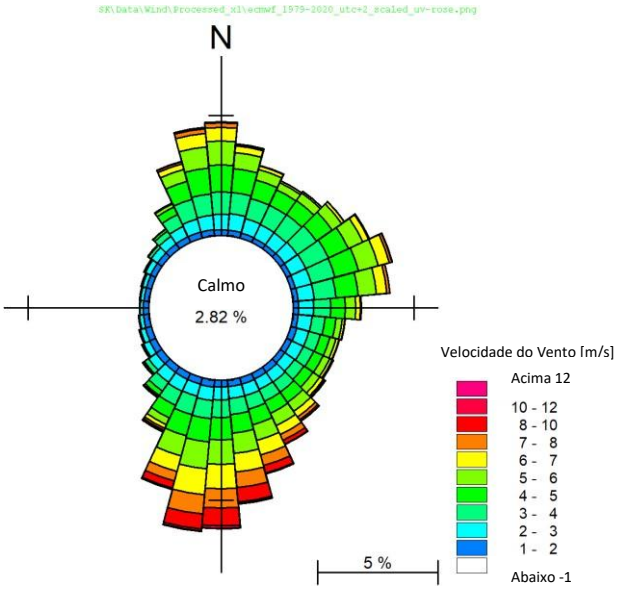


Figure 4-4: Rosa dos ventos dos dados retrospectivos de vento do ECMWF (1979–2020), extraídos do ponto de saída mais próximo da Matola.

Foi aplicada uma correcção aos dados com base numa comparação com as medições no Aeroporto de Maputo (457 198 m E, 7 133 012 m S, ver Figura 4-3). A Figura 4-5 abaixo apresenta o diagrama de dispersão e o gráfico quantil-quantil (Q-Q) dos dados medidos em comparação com o nó do ECMWF mais próximo do Aeroporto de Maputo.

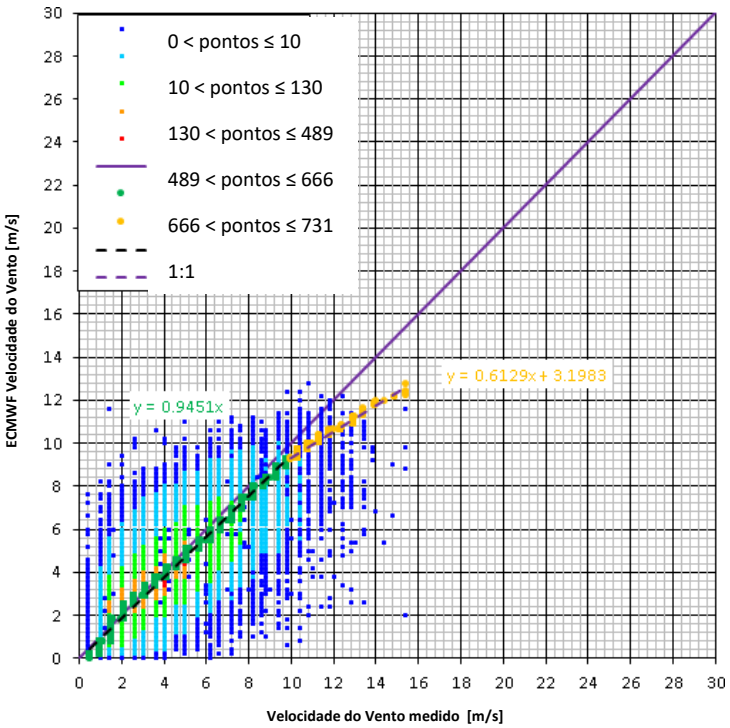


Figura 4-5: Gráfico Q-Q comparando a velocidade do vento medida com o nó do modelo retrospectivo mais próximo.

Com base na comparação, as velocidades do vento espacialmente variáveis do ECMWF foram ajustadas através de uma escala linear de duas partes, conforme apresentado a seguir:

$$\text{Velocidade do Vento}_{\text{ajustada}} = \begin{cases} \dfrac{\text{Velocidade do Vento}_{\text{bruta}}}{0.9451} & \text{Para Velocidade do Vento}_{\text{bruta}} < 9.6 \text{ m/s} \\ \dfrac{\text{Velocidade do Vento}_{\text{bruta}} - 3.1983}{0.6129} & \text{Para Velocidade do Vento}_{\text{bruta}} \geq 9.6 \text{ m/s} \end{cases} \quad \text{Eq 4-1}$$

Uma comparação da velocidade do vento resultante é mostrada na Figura 4-6

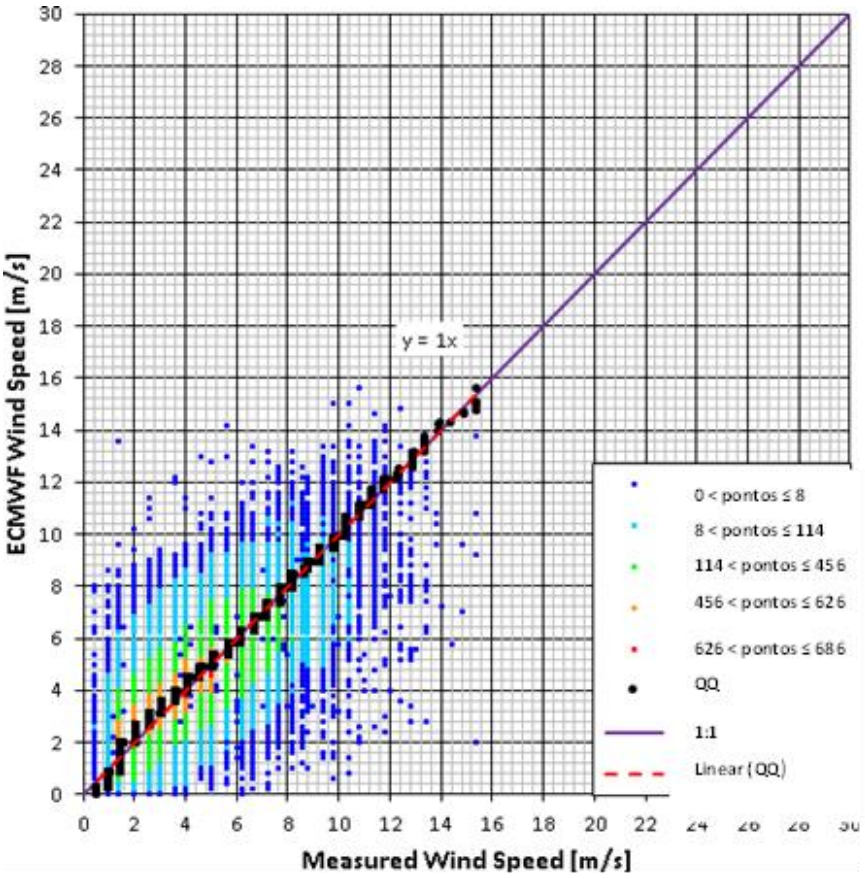


Figura 4-6: Gráfico Q-Q comparando a velocidade do vento medida com o nó do modelo retrospectivo ajustado.

4.3.3. Ondas

Devido ao clima benigno das ondas na Matola e na Baía de Maputo, a influência das correntes de ondas não é considerada significativa em comparação com as correntes de marés e de vento. Portanto, as correntes impulsionadas pelas ondas não foram incluídas no modelo hidrodinâmico.

4.3.4. Marés

As correntes e alturas previstas da maré estão disponíveis no modelo de maré global DTU10 (DTU, 2010). O modelo de maré global inclui os principais constituintes da maré diurna (K1, O1, P1, Q1 e S1*), os constituintes da maré semi-diurna (M2, S2, N2 e K2) bem como os constituintes da maré (MM**, MF** e M4) com uma resolução espacial de 0,25° × 0,25° e 0,125° × 0,125° para as correntes e alturas respectivamente. Note-se que os constituintes indicados

com um asterisco (*) estão disponíveis no modelo das alturas de maré enquanto que os constituintes indicados com um asterisco duplo (**) estão disponíveis no modelo das correntes de maré.

As correntes e alturas de maré previstas foram aplicadas como condição de limite de espaço e tempo variável ao longo do limite de mar aberto (limite verde na Figura 4-2). Foram aplicadas correcções para a configuração do vento e força de Coriolis aos níveis de água prescritos ao longo dos limites laterais.

4.3.5. Rugosidade do Fundo

A rugosidade do fundo foi descrita por uma altura de rugosidade de 0,06 m.

4.3.6. Caudal Fluvial Afluente

Cinco rios desaguam com água doce na Baía de Maputo, nomeadamente o rio Incomati a Norte, os rios Umbeluzi, Tembe e Matola a Oeste (através do porto de Maputo), e o rio Maputo a Sul (ver Figura 4-1). Os rios Tembe e Matola são pequenos e contribuem pouco para as fontes de água doce.

O caudal médio mensal do rio com base em medições de longo prazo (1951-1990) está disponível em Saide (2000) para os três principais rios. Contudo, estes dados não são aplicáveis ao Rio Umbeluzi, uma vez que os caudais recentes foram significativamente reduzidos após a construção da barragem dos Pequenos Libombos, em 1987, aproximadamente 35 km a Oeste de Maputo. Portanto, o caudal médio mensal do rio Umbeluzi baseia-se em dados mais recentes da descarga da barragem para o período de 2004-2013 (FutureWater, 2014). Os caudais médios mensais dos rios estão resumidos na Tabela 4-1.

Tabela 4-1: Caudal médio mensais para os rios Incomati, Maputo e Umbeluzi.

Rio	Caudal médio mensal [m3/s]											
	Jan	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Aug**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
Incomati	156.6	262.7	172.1	99.2	60.6	40.3	29.3	21.8	17.6	33.5	45.9	112.4
Maputo	145.8	234.5	162.3	92.4	56.2	38.8	42.1	26.3	24.5	42.9	80.0	135.6
Umbeluzi	7.7	5.0	3.2	3.2	3.6	3.5	3.4	3.1	3.4	3.8	3.7	5.8

Os caudais médios mensais dos rios Incomati, Maputo e Umbeluzi foram aplicadas como caudais variáveis no tempo nos limites do modelo a montante (limites de ciano na Figura 4-2).

4.3.7. Dispersão Turbulenta Vertical

A viscosidade turbulenta vertical foi calculada utilizando o esquema de fecho de turbulência vertical k-ε, enquanto a dispersão turbulenta vertical foi definida como 0,1 vezes a viscosidade turbulenta vertical no interior da baía. Este fator de escala foi aplicado para compensar a mistura vertical adicional resultante da utilização de apenas cinco camadas verticais.

4.4. Calibração do Modelo

O modelo foi configurado, excluindo a área prevista de dragagem do terminal, e calibrado com base nas medições disponíveis de correntes e níveis de água:

- Profundidade média das correntes em:
  - M01 (468 142 m E, 7 129 427 m S), disponível de 17 de Janeiro de 2004 a 15 de Março de 2004.
  - M05 (487 843 m E, 7 131 520 m S), disponível de 17 de Janeiro de 2004 a 25 de Maio de 2004.

- Níveis de água no cais de carvão da Matola (450 423 m E, 7 128 581 m S) para o período de 19 de Agosto de 2013 a 28 de Setembro de 2015

Os locais das medições são mostrados na Figura 4-7.

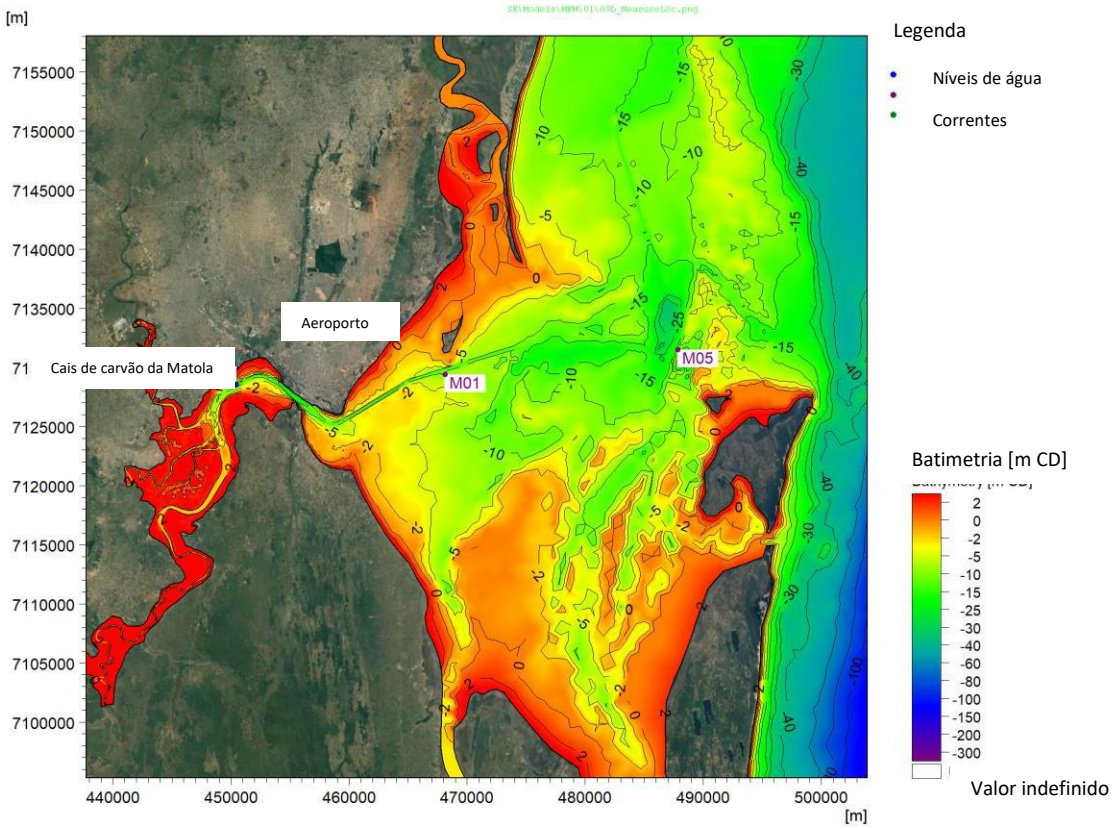


Figura 4-7: Localização das medições disponíveis.

A figura 4-8 apresenta uma comparação de séries temporais dos níveis de água modelados e medidos no cais de carvão da Matola para o período de 19 de Agosto de 2013 a 28 de Setembro de 2015.

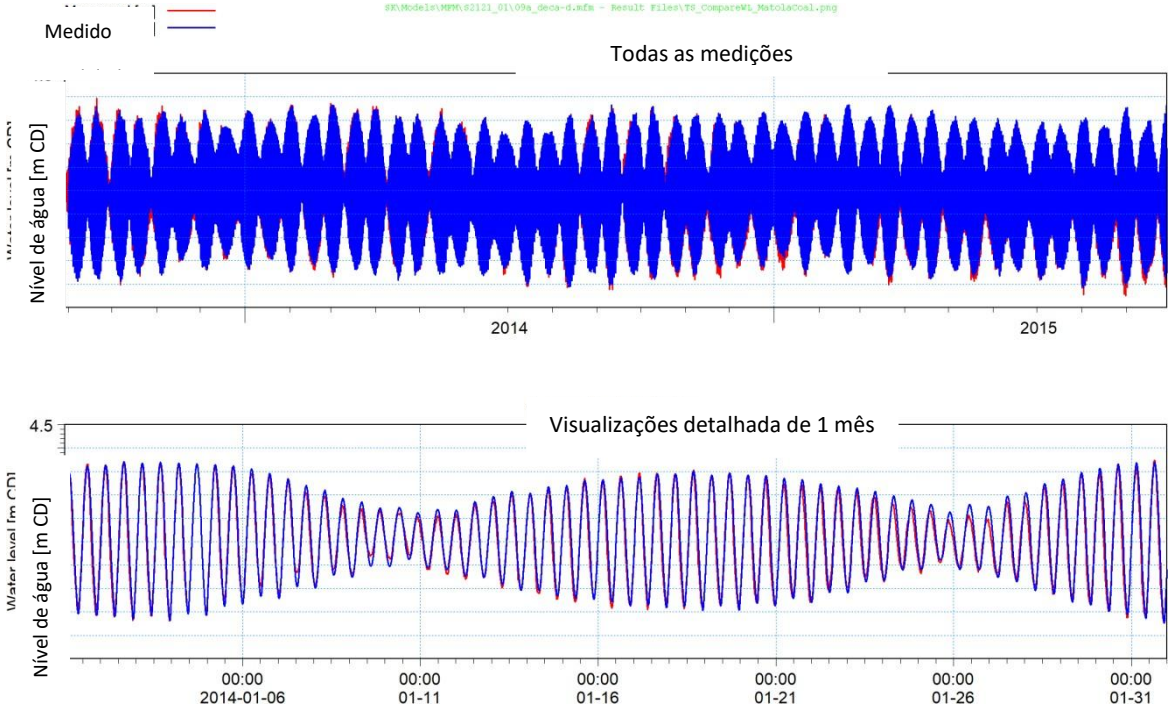


Figura 4-8: Séries temporais de níveis de água medidos e modelados no cais de carvão da Matola, vista detalhada.

Os resultados indicam uma boa concordância entre os níveis de água modelados e medidos no ancoradouro de carvão da Matola.

Séries temporais, gráficos de percentis e diagramas de rosa das correntes simuladas pelo modelo e medidas, tanto junto à superfície como junto ao fundo, no ponto M01, são apresentados nas Figuras 4-9, Figura 4-11 e Figura 4-13, respectivamente. Uma comparação semelhante é apresentada na Figura 4-10, Figura 4-12 e Figura 4-14 para as correntes em M05. Note-se que, por convenção, a direção da corrente corresponde à direção para a qual a corrente se desloca, sendo medida no sentido dos ponteiros do relógio a partir do norte verdadeiro.

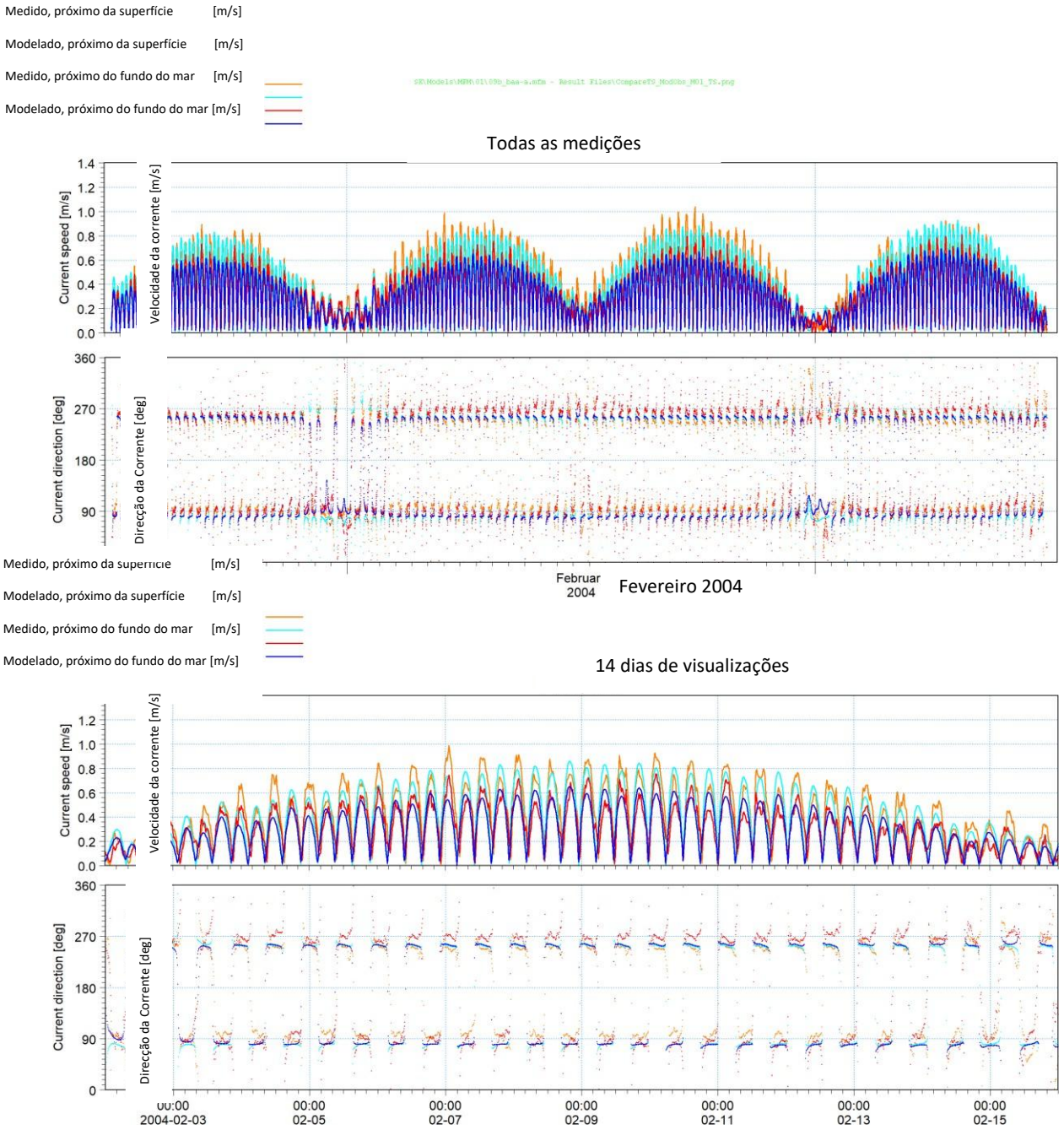


Figura 4-9: M01; Comparação de séries temporais de correntes medidas e modeladas.

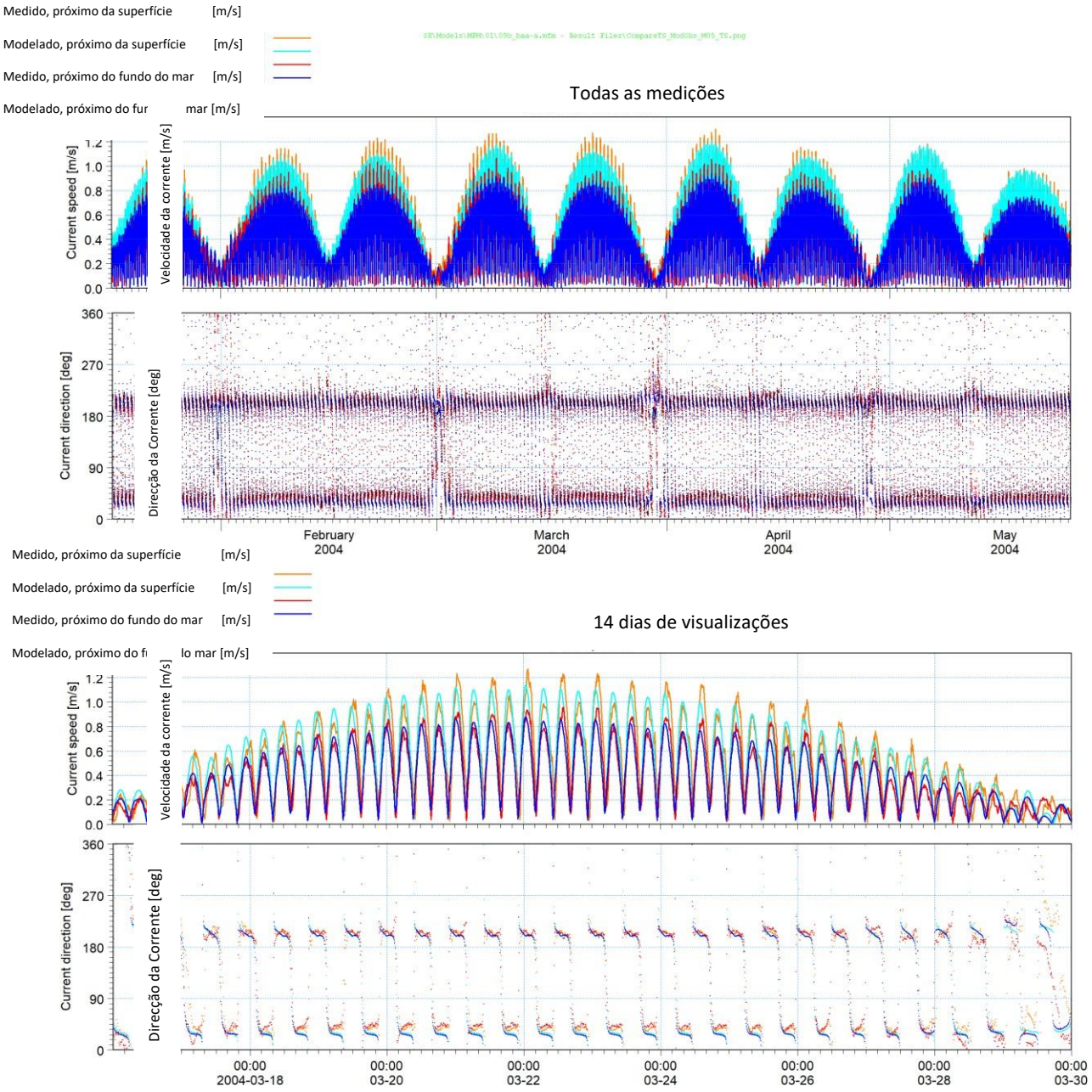
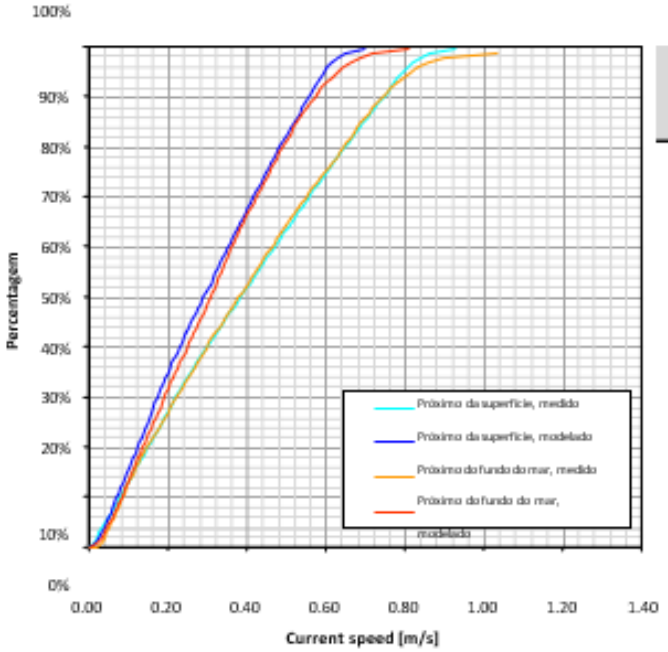
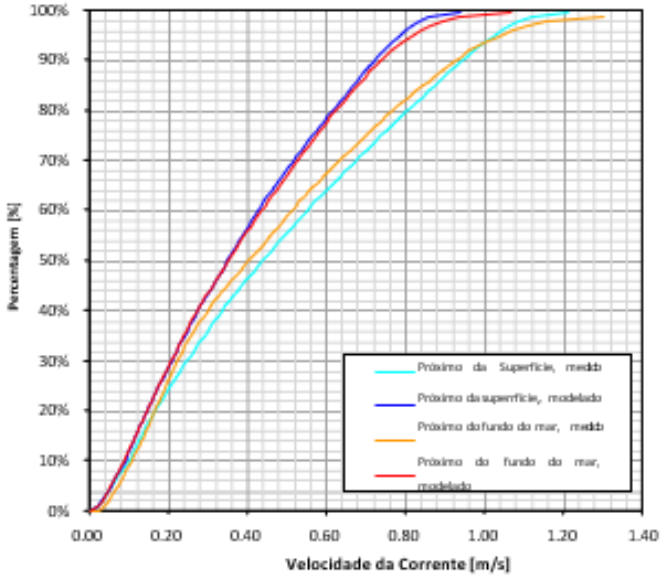


Figura 4-10: M05; comparação das correntes medidas e modeladas em série temporal.



Percentagem	Velocidade corrente [m/s]			
	Próximo fundo do mar		Próximo da superfície	
	Medido	Modelado	Medido	Modelado
5%	0.05	0.04	0.05	0.04
10%	0.08	0.07	0.08	0.08
20%	0.14	0.12	0.14	0.15
30%	0.19	0.17	0.21	0.22
50%	0.31	0.29	0.37	0.38
70%	0.42	0.42	0.54	0.55
80%	0.49	0.48	0.64	0.65
90%	0.57	0.55	0.73	0.74
95%	0.62	0.59	0.80	0.79

Figura 4-11: M01; Comparação percentual das velocidades de corrente medidas e modeladas para o período de 17 de Janeiro de 2004 a 15 de Março de 2004.



Percentagem	Velocidade de Corrente [m/s]			
	Próximo do fundo do mar		Próximo da superfície	
	Medido	Modelado	Medido	Modelado
5%	0.05	0.06	0.06	0.06
10%	0.09	0.09	0.10	0.10
20%	0.15	0.15	0.16	0.17
30%	0.21	0.21	0.22	0.25
50%	0.35	0.35	0.39	0.44
70%	0.53	0.51	0.62	0.67
80%	0.62	0.61	0.75	0.80
90%	0.73	0.72	0.91	0.94
95%	0.81	0.78	1.01	1.02

Figura 4-12: M05; Comparação percentual das velocidades de corrente medidas e modeladas para período de 17 de Janeiro de 2004 a 25 de Maio de 2004.

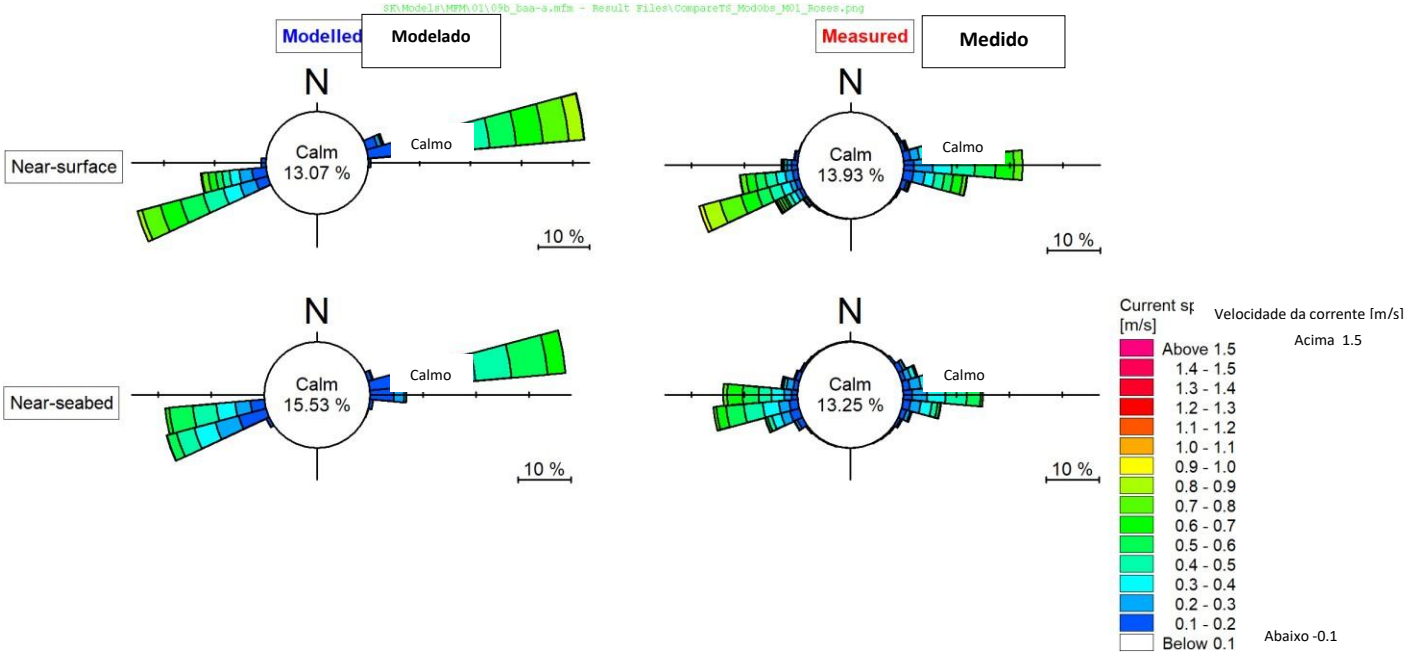


Figura 4-13: M01; Comparação da corrente ascendente medida e modelada de correntes medidas e próximas da superfície (topo) e próximas do fundo do mar (fundo) para o período de 17 de Janeiro de 2004 a 15 de Março de 2004.

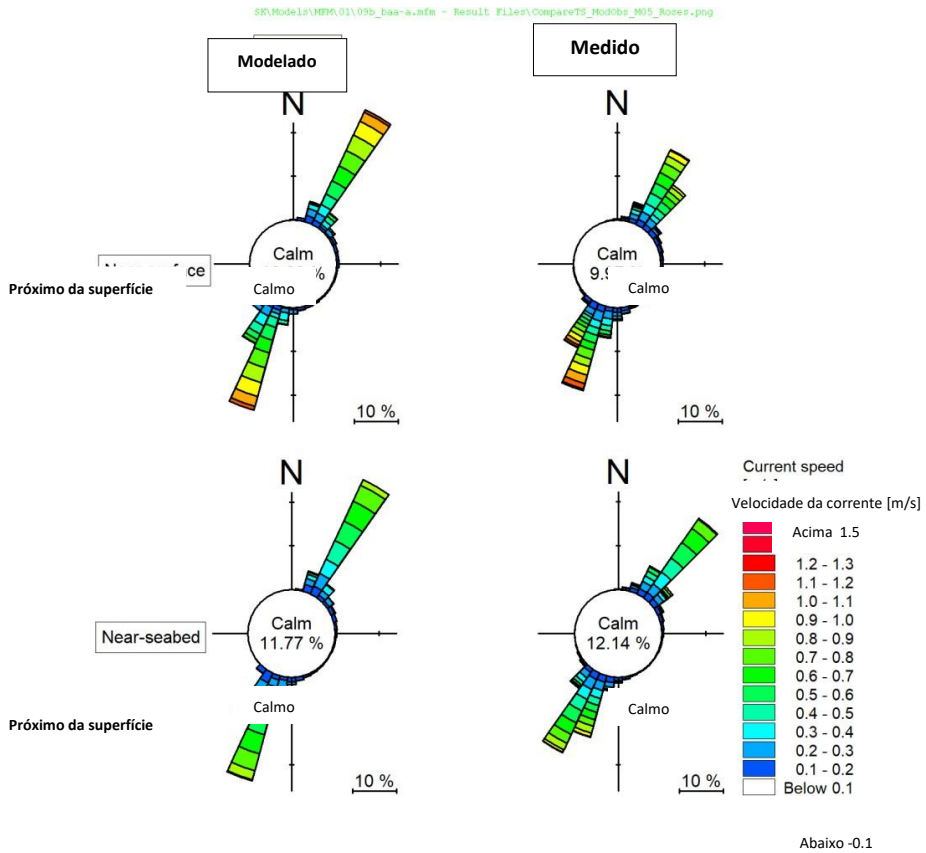


Figura 4-14: M05; Comparação da corrente ascendente medida e modelada de correntes medidas e próximas da superfície (topo) e próximas do fundo do mar (fundo) para o período de 17 de Janeiro de 2004 a 25 de Maio de 2004.

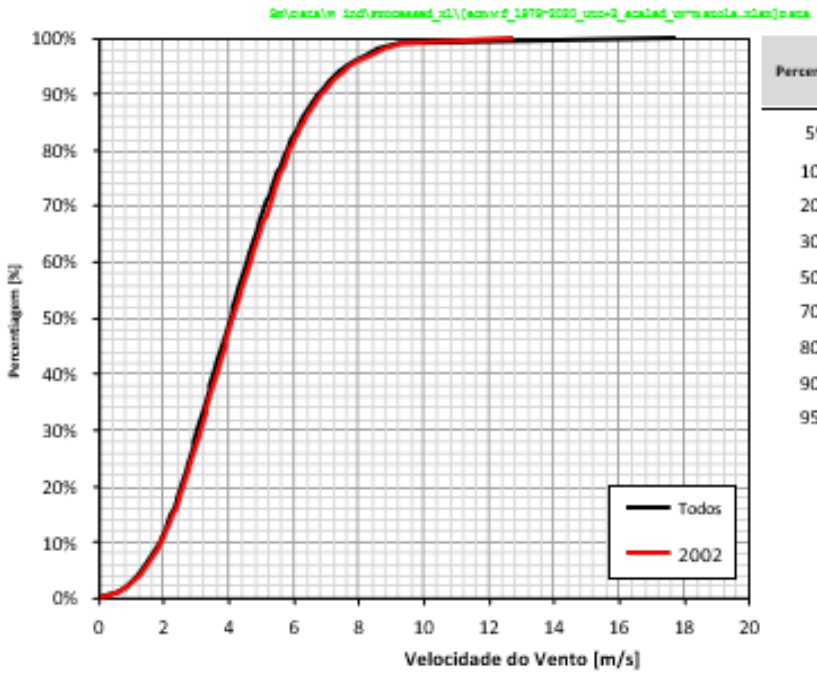
Os resultados mostram uma boa correlação entre correntes modeladas e medidas, embora tenha sido observada alguma assimetria de maré nas medidas (ou seja, correntes de vazante mais fortes, correntes de enchente mais

fracas) a qual foi menos pronunciado no modelo. De um modo geral, as velocidades e direcções das correntes simuladas pelo modelo apresentam boa concordância com as medições em ambos os locais e, por esse motivo, o modelo, em conjunto com a comparação dos níveis de água, é considerado suficientemente calibrado para este estudo.

4.5. Selecção do período de modelação

A modelação de pluma térmica apresentada na Secção 5 necessitou de correntes e níveis de água ao longo dos limites do modelo aninhado. Uma vez que o estudo simultâneo de derrame de petróleo (apresentado separadamente) utilizaria a mesma hidrodinâmica do modelo regional, foi modelado o mesmo ano hidrodinâmico. Para garantir que o ano seleccionado é representativo de condições médias, é necessário um conjunto de dados de longa duração que permita analisar a variabilidade interanual. Para esta comparação foi utilizado o conjunto de dados do ECMWF (discutido na Secção 4.3.2), que abrange um período de 40 anos, entre 1979 e 2020.

A figura 4-15 apresenta uma comparação da curva do percentis da velocidade do vento para 2002 com a do conjunto completo de dados. A figura 4-16 apresenta as rosas dos ventos para os mesmos conjuntos de dados.



Percentagem	Velocidade do Vento [m/s]	
	All	2002
5%	1.33	1.39
10%	1.87	1.92
20%	2.54	2.60
30%	3.05	3.14
50%	4.05	4.15
70%	5.13	5.26
80%	5.79	5.89
90%	6.77	6.86
95%	7.64	7.74

Figura 4-15: Comparação dos percentis de velocidade do vento: 2002 vs todos os dados (1979-2020) no conjunto de dados do ECMWF.

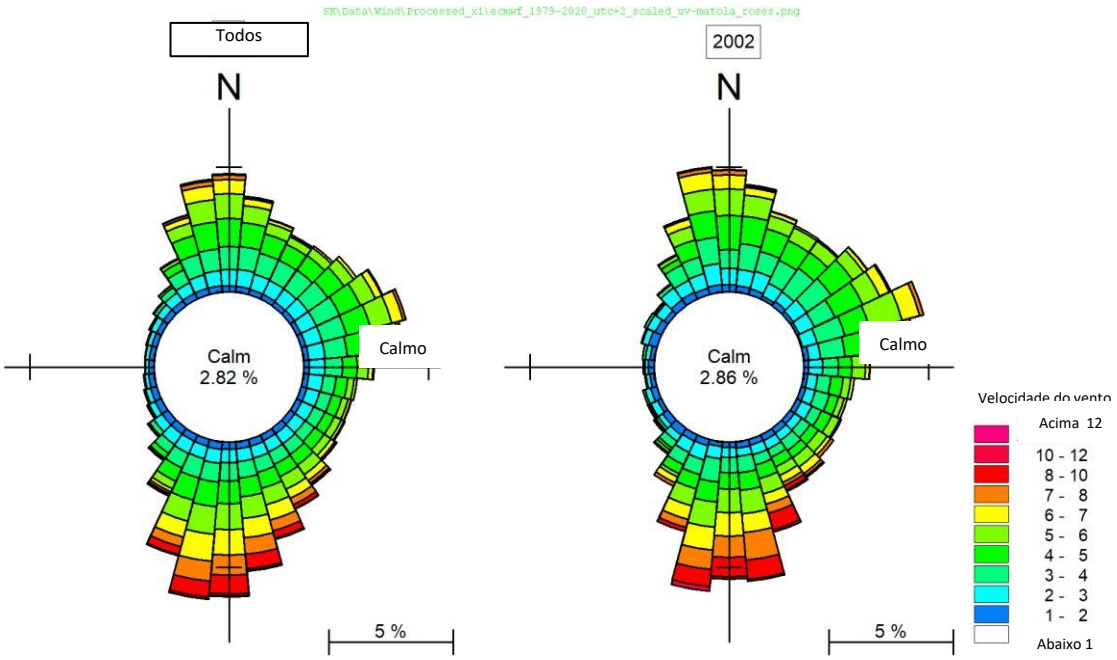


Figura 4-16: Comparação de rosas de vento: 2002 vs todos os dados (1979-2020) no conjunto de dados do ECMWF.

Os números indicam que as velocidades e direcções do vento de 2002 são representativas das condições do vento durante um ano típico e foi escolhido para ser utilizado para a base de dados hidrodinâmicos.

4.6. Resultados

O modelo hidrodinâmico foi executado durante o período contínuo de Janeiro de 2002 a Dezembro de 2002 para simular os níveis de água e correntes de entrada para o modelo de pluma térmica.

Gráficos vectoriais instantâneos que indicam padrões típicos das correntes de superfície durante as marés de enchente e vazante são apresentados nas Figuras 4-17 e 4-18. A figura 4-19 mostra as velocidades de corrente que foram excedidas 50% do tempo, calculadas ao longo do ano inteiro de simulação de hidrodinâmica. A pluma térmica é flutuante e será libertada na superfície, como tal o foco será nas correntes de superfície e as correntes sub-superficiais não são aqui apresentadas.

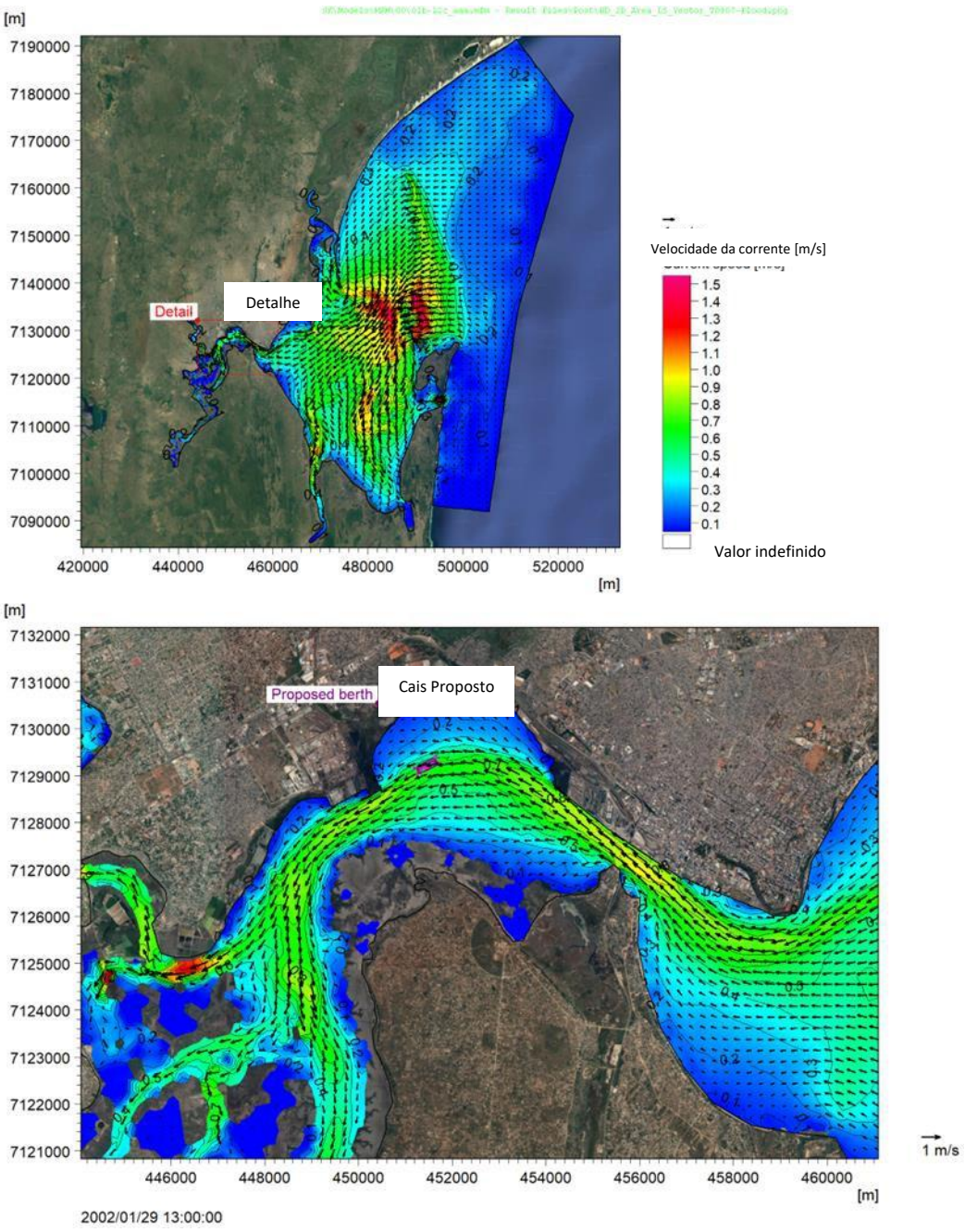


Figura 4-17: Gráfico vectorial instantâneo que mostra as correntes de superfície durante a maré de enchente.

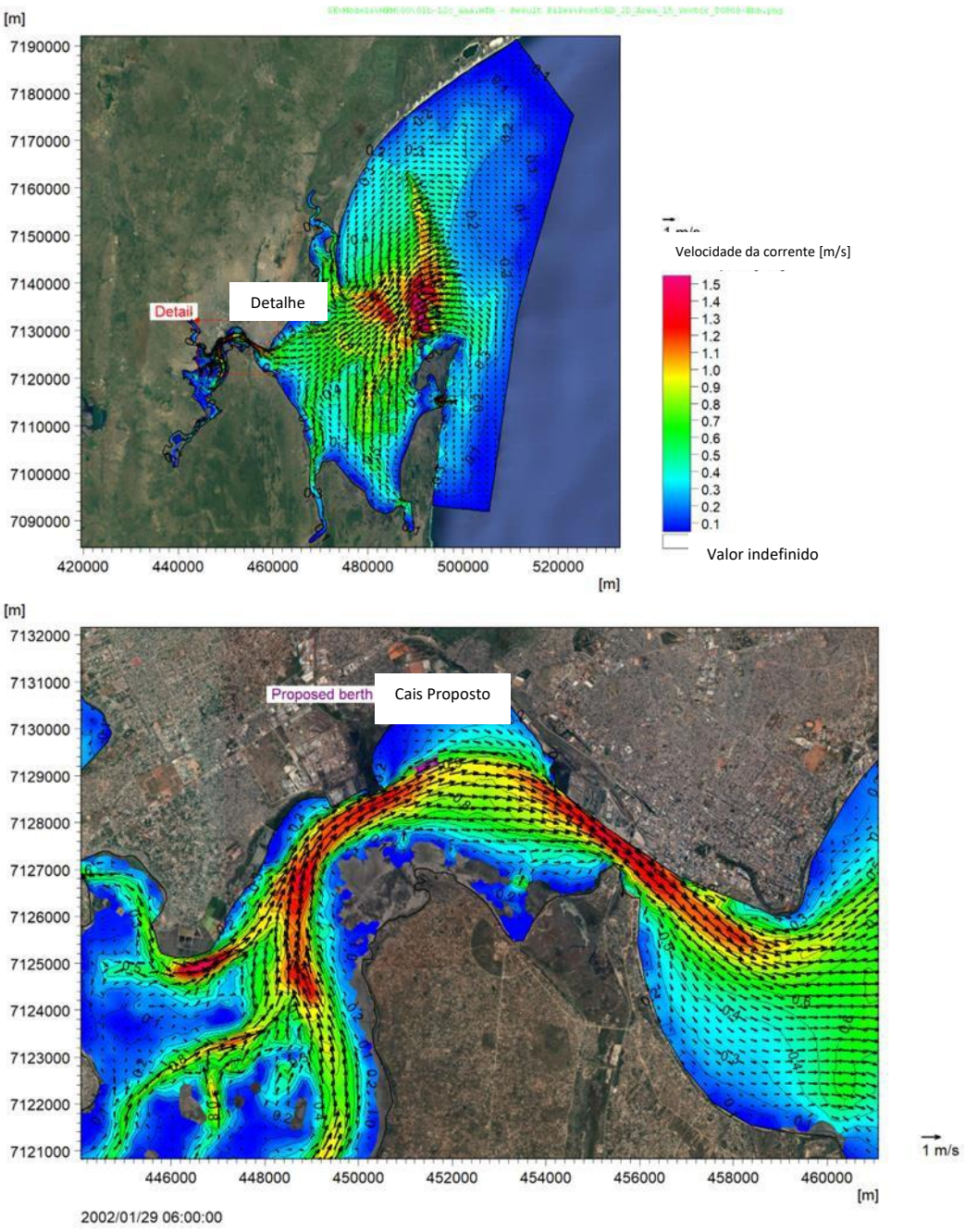


Figura 4-18: Gráfico vetorial instantâneo que mostra as correntes de superfície durante a maré de vazante.

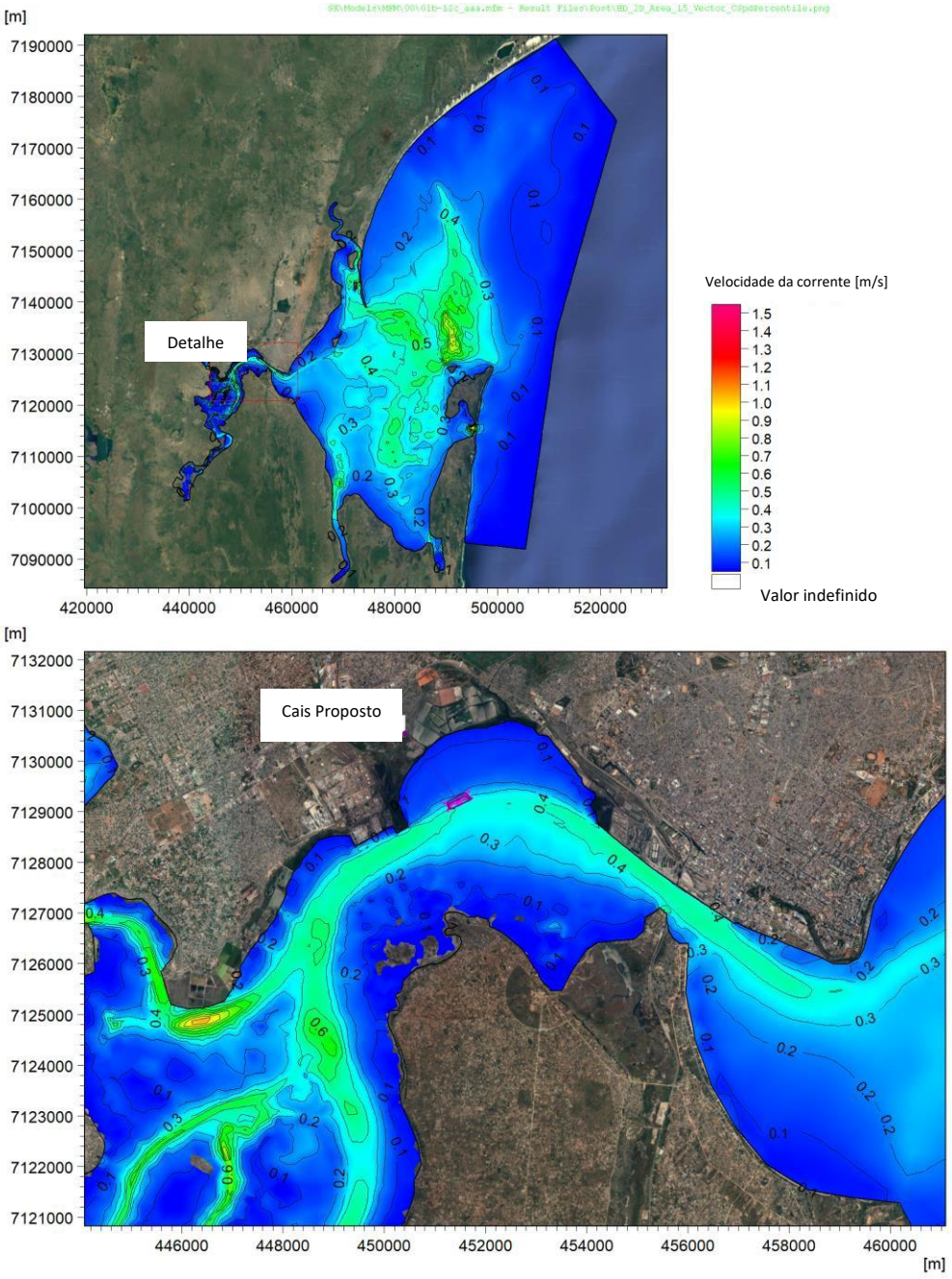


Figura 4-19: Velocidade da corrente de superfície correspondente ao percentil 50.

As correntes ao longo do canal de aproximação e no cais são dominadas pela maré e são, portanto, altamente previsíveis. A velocidade mediana da corrente no terminal excede 0,30 m/s (ou seja, as velocidades da corrente são superiores a 0,30 m/s em mais de 50% do tempo). Não houve evidência significativa de que as taxas de descarga do rio Umbeluzi afectem as correntes operacionais ou os níveis de água no local proposto para o desenvolvimento.

6. MODELAÇÃO DE PLUMA TÉRMICA

5.1. Introdução

Esta secção descreve a modelação hidrodinâmica 3D aninhada realizada para prever a extensão da pluma térmica gerada pelas Powerships. O aumento da temperatura da água do mar previsto pelo modelo é comparado com as directrizes de qualidade da água, tal como discutido na Secção 3. O modelo da pluma térmica foi aninhado dentro do modelo hidrodinâmico regional descrito na Secção 4.

5.2. Descrição do modelo

O modelo de pluma térmica utilizou o mesmo modelo tridimensional MIKE 3 Flow Flexible Mesh que o modelo regional, tal como descrito na Secção 4.2.

5.3. Configuração do modelo

5.3.1. Batimetria e malha

A batimetria e a malha utilizada no modelo são apresentadas nas figuras 5-1 e 5-2, respectivamente. A resolução horizontal da malha do modelo varia de aproximadamente 100 m no limite offshore até 10 m na área em torno do Powership. A malha vertical foi composta por dez camadas sigma, com espessuras de camada iguais e proporcionais à profundidade da água. Consulte a Secção 4.3.1 para obter detalhes sobre o sistema de coordenadas e os conjuntos de dados batimétricos utilizados.

A viscosidade turbulenta vertical foi calculada utilizando o esquema de fecho de turbulência vertical k-ε, enquanto a difusão turbulenta vertical foi definida como 0,1 vezes a viscosidade turbulenta vertical na coluna de água. Este fator de escala foi aplicado para compensar a mistura vertical adicional causada pela utilização de apenas dez camadas verticais e pela suavização associada dos gradientes verticais de densidade.

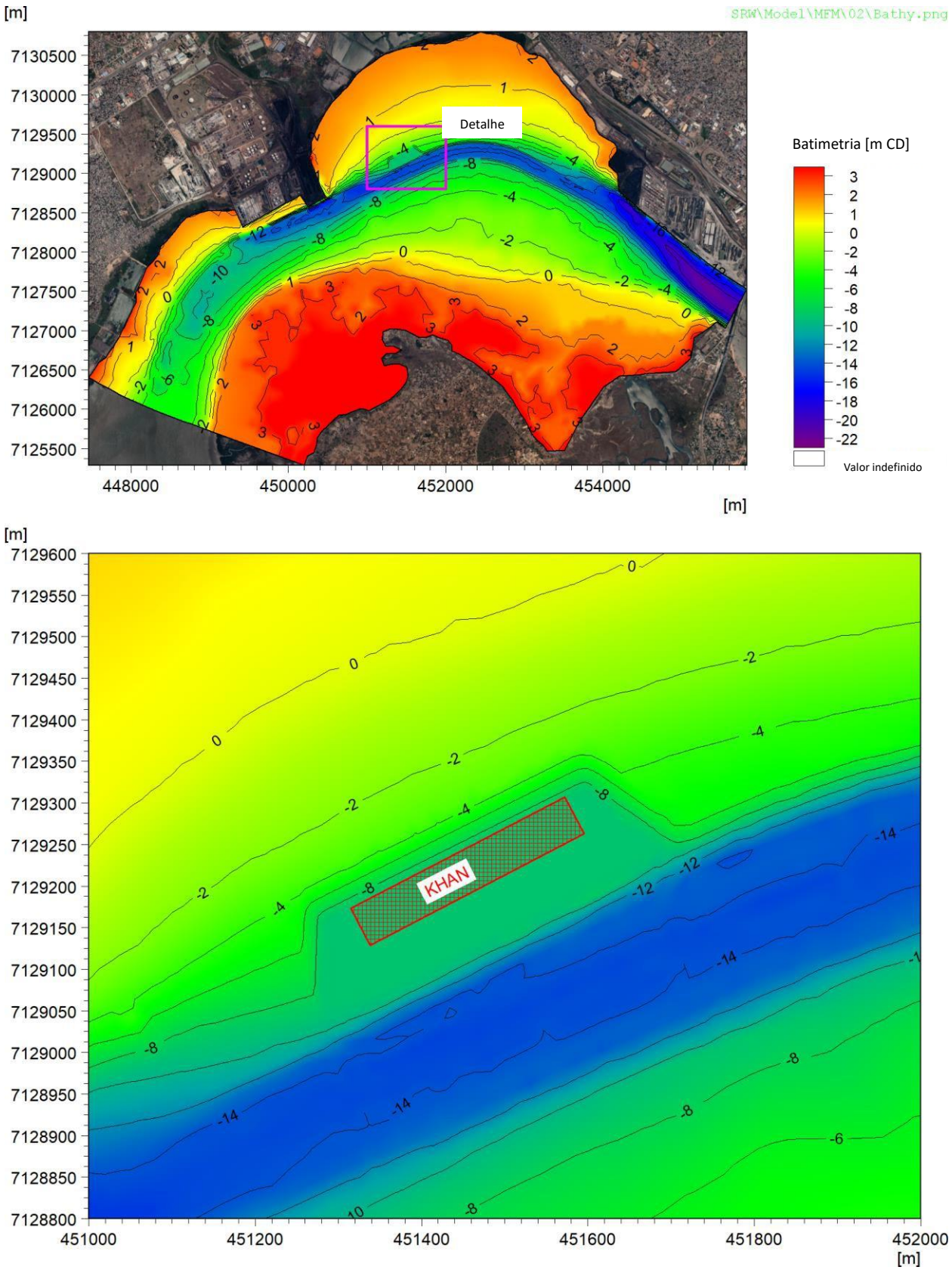


Figura 5-1: Modelo de batimetria utilizado no modelo de pluma térmica.

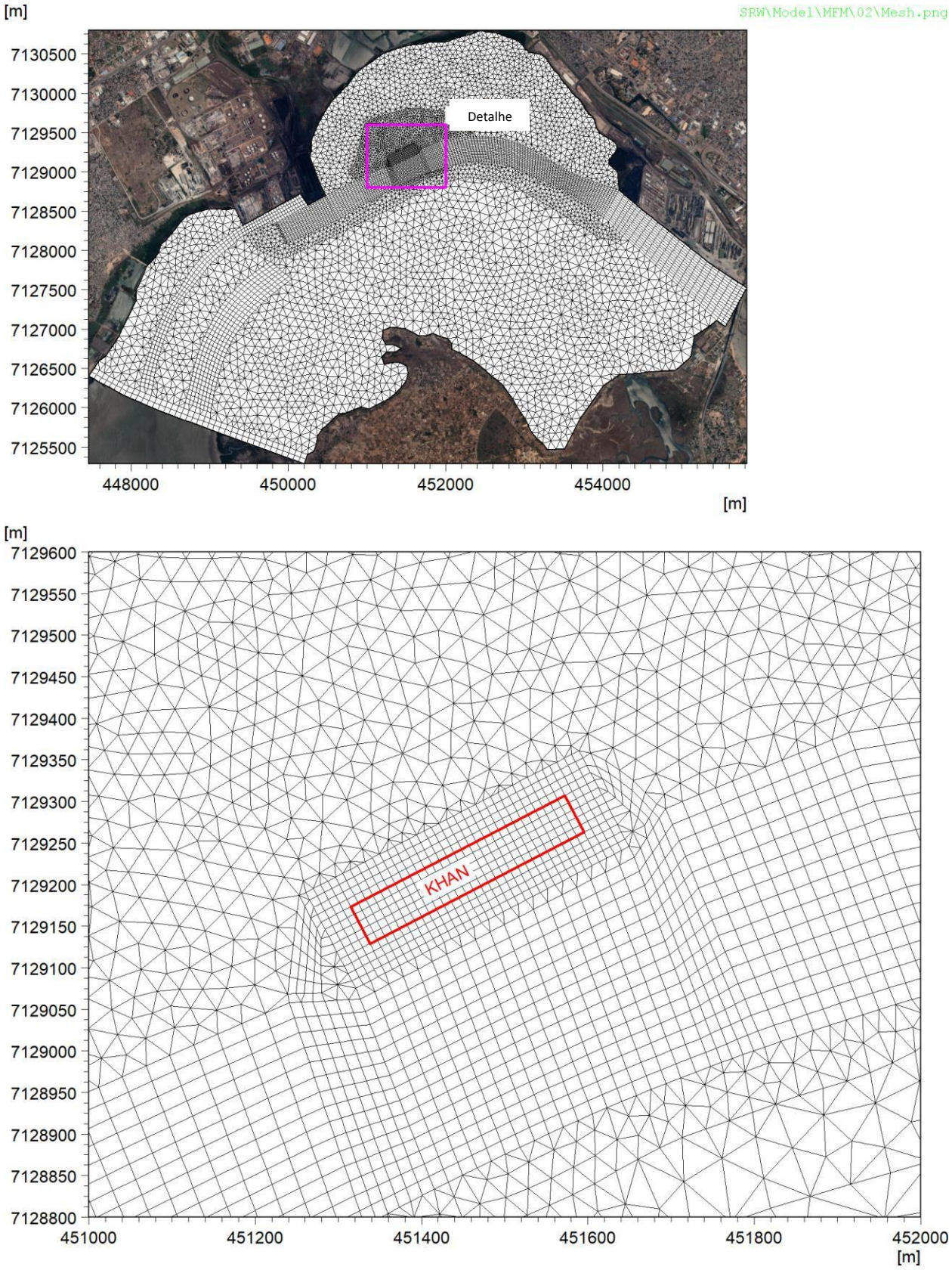


Figura 5-2: Malha do modelo usada no modelo de pluma térmica.

5.3.2. Vento

5.3.3. Foi aplicado um campo de vento espacialmente variável no modelo de pluma térmica, tal como descrito na Secção 4.3.2

5.3.4. Níveis de água e correntes

5.3.5. Foram aplicados níveis de água e correntes variáveis no tempo e no espaço nas fronteiras do modelo. As correntes e os níveis de água foram obtidos a partir do modelo regional, tal como descrito na Secção 4.

5.3.6. Temperatura da água do mar

Devido às correntes elevadas no canal, que promovem a mistura da coluna de água, não foi incluída no modelo a estratificação térmica envolvente, tendo sido considerada uma temperatura envolvente constante, o que permitiu isolar o ΔT associado à pluma térmica.

5.3.7. Descargas

A água de arrefecimento foi descarregada na camada superficial do modelo a partir de cada uma das 16 descargas (2 da STG, 7 da GEN-SET e 7 da FW GEN), incluindo o momento da descarga orientada horizontalmente para longe do navio. Cada descarga e a sua correspondente ΔT de descarga (de acordo com a Tabela 2-2) foi ligada à sua entrada e temperatura de entrada correspondente, incluindo assim quaisquer efeitos de recirculação

5.4. Calibração de modelos

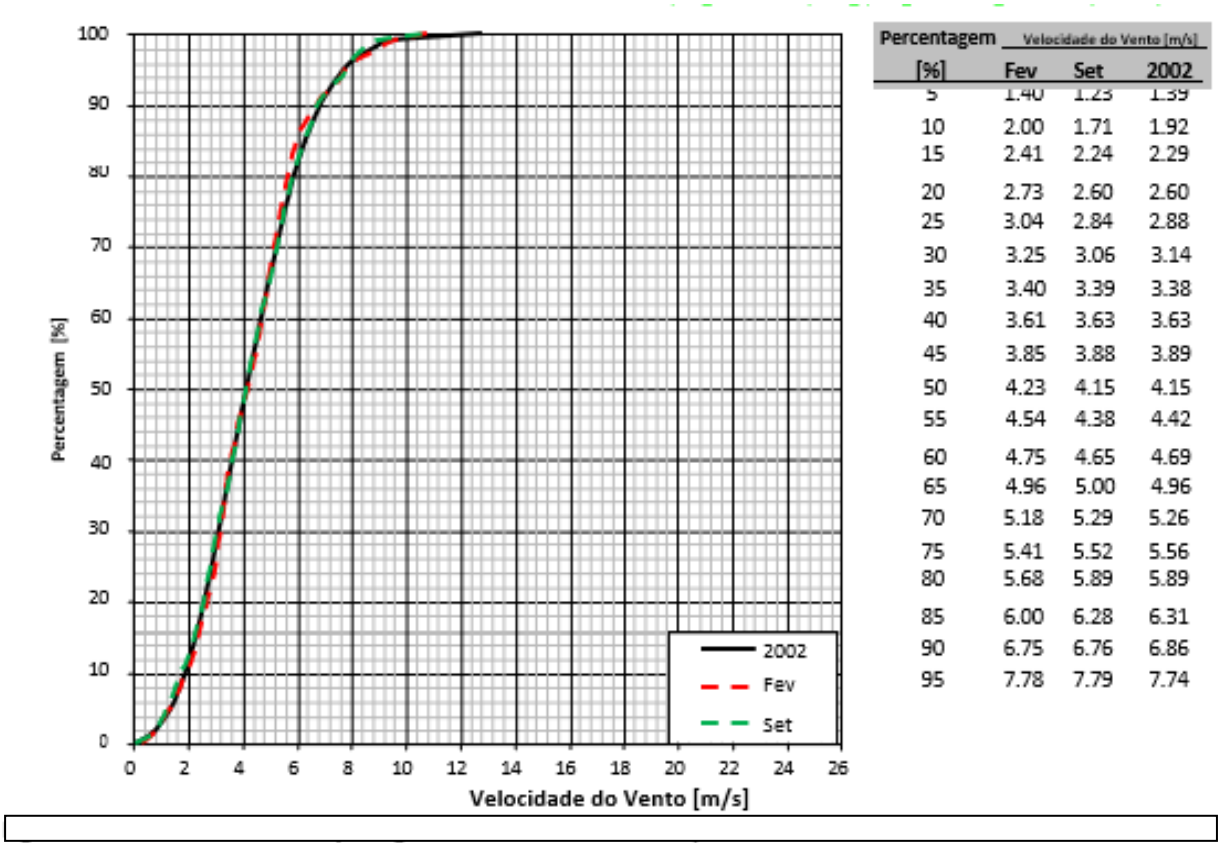
O modelo aninhado utilizou as correntes e os níveis de água calibrados do modelo regional. Como o modelo regional foi calibrado, o modelo aninhado foi também considerado como sendo calibrado. A calibragem do modelo regional é apresentada na Secção 4.4.

5.5. Período de modelação

O custo computacional significativo associado ao modelo hidrodinâmico 3D detalhado impõe um limite de duração ao longo do qual o modelo pode ser executado. No entanto, é desejável simular a hidrodinâmica numa vasta gama de condições ambientais representativas, incluindo variações sazonais dos ventos, caudais dos rios, marés e correntes. Neste estudo, as restrições de tempo de execução permitiram a modelação de dois meses de condições ambientais. A justificação para a selecção destes meses é discutida a seguir.

Devido às correntes de maré fortes e previsíveis, a variação sazonal mais relevante das correntes de maré ocorre em função da variação dos ventos. Tal altera a advecção e a dispersão da pluma de descarga devido às correntes induzidas pelo vento. Assim, a selecção dos meses apropriados baseou-se em garantir que fosse abrangida toda a gama de condições de vento esperadas num ano típico. Os dados de vento foram seleccionados a partir do nó ERA5 mais próximo do local.

Uma vez que o modelo regional (ver Secção 4.5) simulou o ano representativo de 2002, foram seleccionados dois meses de modo a representarem as velocidades e direcções anuais do vento para 2002. Os meses de Fevereiro e Setembro foram seleccionados como os meses representativos. As Figura 5-3 e Figura 5-4 fornecem a curva de excedência da velocidade do vento e a rosa dos ventos para o ano de 2002 e para a combinação dos dois meses representativos.



Percentagem [%]	Velocidade do Vento [m/s] Fev	Set	2002
5	1.40	1.23	1.39
10	2.00	1.71	1.92
15	2.41	2.24	2.29
20	2.73	2.60	2.60
25	3.04	2.84	2.88
30	3.25	3.06	3.14
35	3.40	3.39	3.38
40	3.61	3.63	3.63
45	3.85	3.88	3.89
50	4.23	4.15	4.15
55	4.54	4.38	4.42
60	4.75	4.65	4.69
65	4.96	5.00	4.96
70	5.18	5.29	5.26
75	5.41	5.52	5.56
80	5.68	5.89	5.89
85	6.00	6.28	6.31
90	6.75	6.76	6.86
95	7.78	7.79	7.74

Figura 5-3: Curvas de excedência da velocidade do vento ERA5 para 2002, Fevereiro de 2002 e Setembro de 2002.

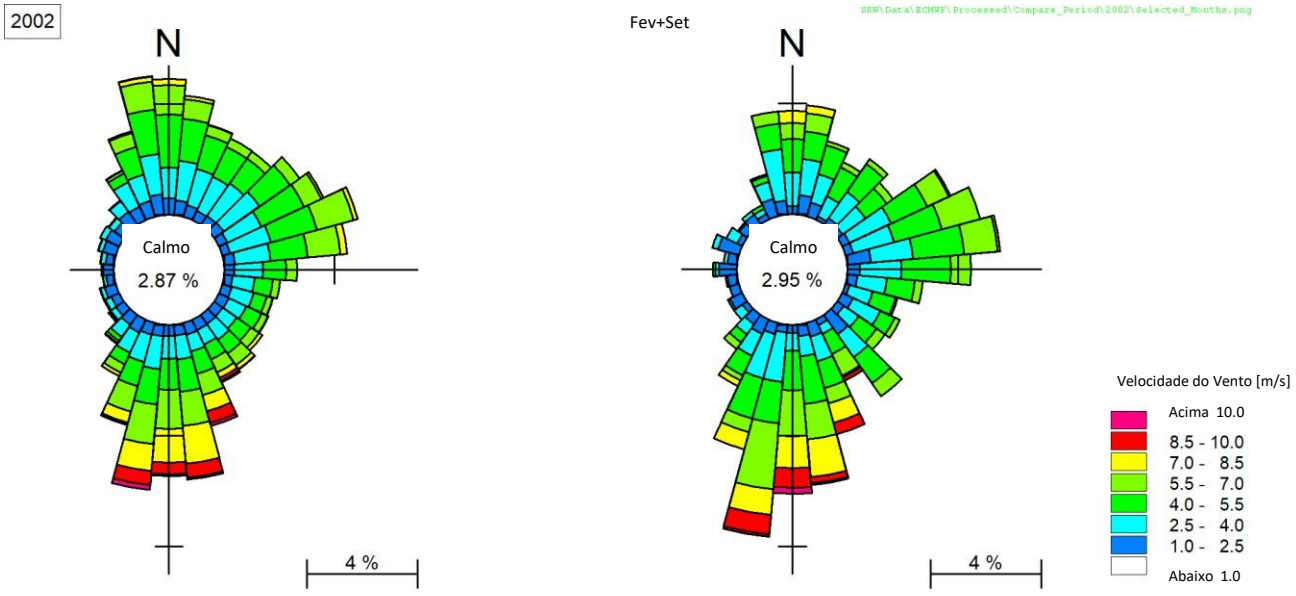


Figura 5-4: Rosas de vento ERA5 para 2002 e a combinação de Fevereiro e Setembro de 2002.

Estes resultados mostram que Fevereiro e Setembro combinados são representativos das condições anuais do vento. Fevereiro e Setembro representam também os meses típicos para os caudais mais altos e mais baixos dos rios, ver

Tabela 4-1. Além disso, em cada um dos meses seleccionados, serão modelados dois ciclos completos de marés cheia e vazia, assegurando assim que uma gama representativa de níveis de água e correntes de maré também seja abrangida

5.6. RESULTADOS

As Figuras 5-5 e 5-6 apresentam exemplos de contornos instantâneos de ΔT próximos da superfície e vectores de corrente durante, respectivamente, uma maré de enchente e uma maré de vazante. Com base na directriz de qualidade da água descrita na Secção 3, apenas ΔT superiores a 3 °C são apresentados. O limite assumido da zona de mistura, localizado a 100 m da embarcação, também é indicado (ver Secção 3).

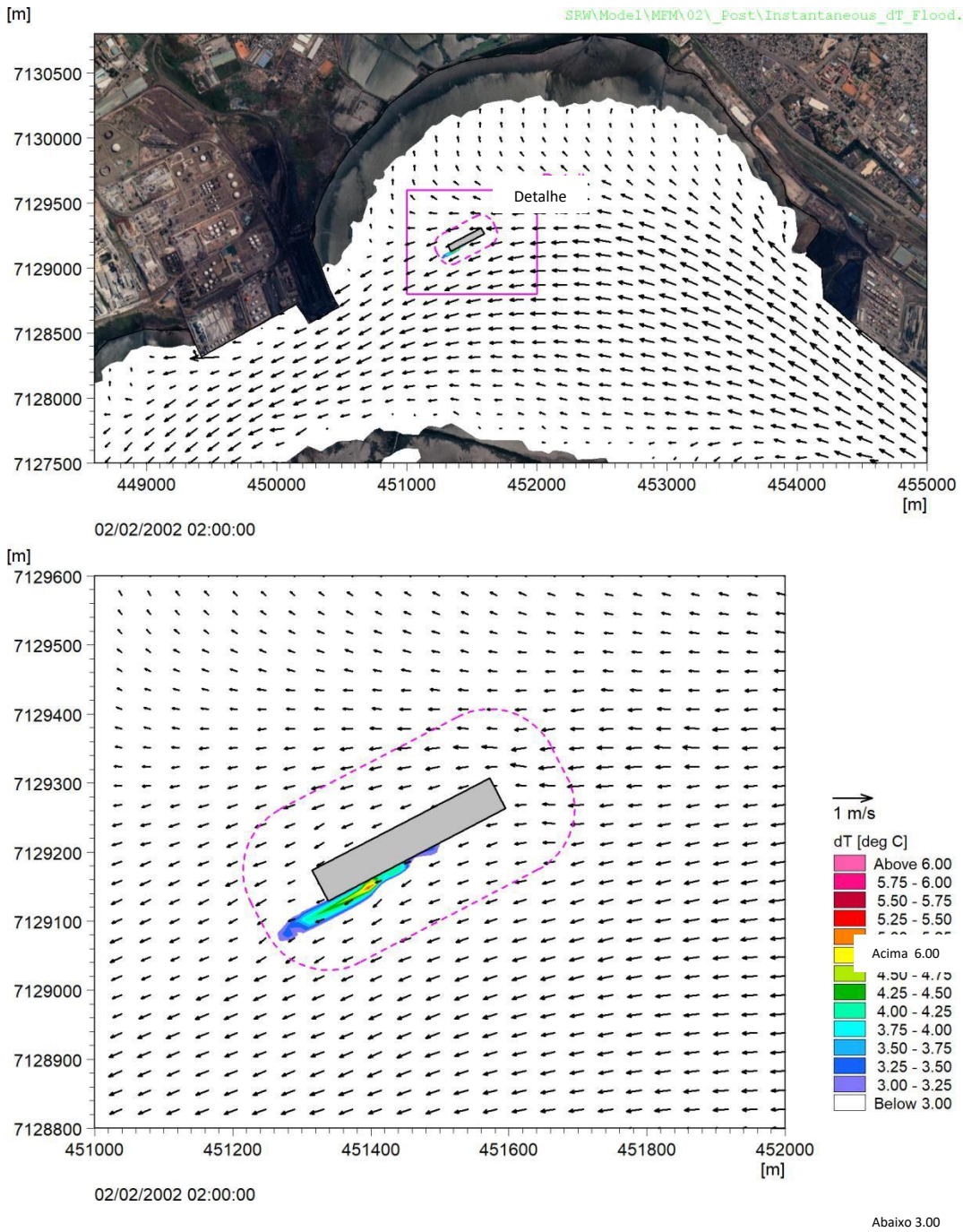


Figura 5-5: ΔT próximo da superfície com vectores de corrente num instante no tempo durante uma maré de enchente.

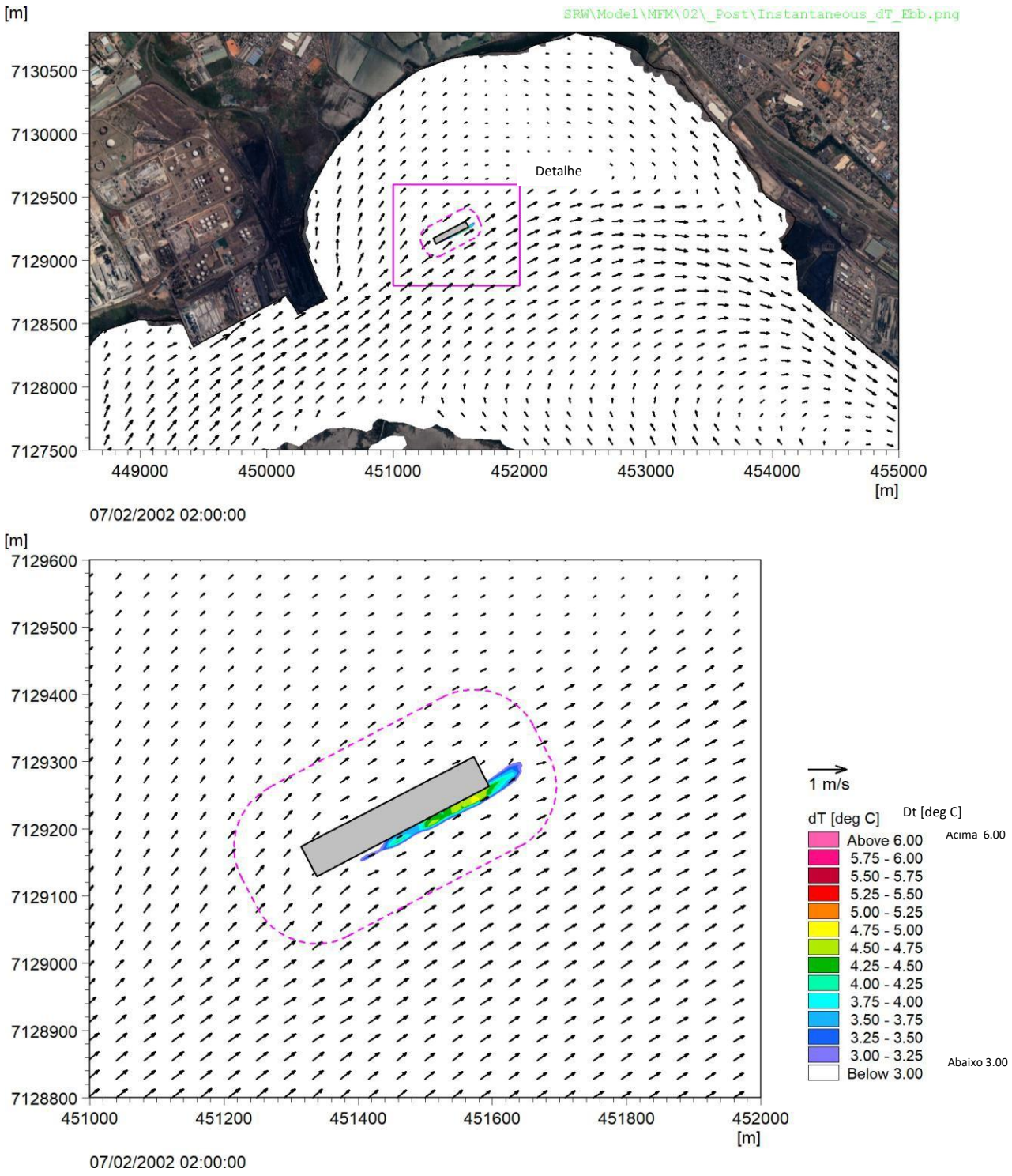


Figura 5-6: ΔT próximo da superfície com vectores de corrente num instante no tempo durante uma maré de vazante.

Os ΔT modelados estão disponíveis em cada elemento horizontal e vertical da malha computacional, a intervalos de 1 hora, durante todo o período combinado de simulação de Fevereiro e Setembro, ou seja, durante um total de 58 dias. Estes ΔT's foram pós-processados para fornecer os seguintes dois resultados estatísticos:

- O ΔT correspondente ao percentil 100, que é o máximo ΔT que ocorreu em cada elemento em qualquer momento durante a simulação. Como a saída do modelo é de hora a hora, este ΔT ocorrerá apenas durante 1 hora.

- O ΔT correspondente ao percentil 95, que é o ΔT excedido durante 5% do tempo, em vez de ocorrer apenas durante 1 hora. Caberá ao especialista em ecologia marinha decidir se o ΔT máximo ou o ΔT do percentil 95 é mais apropriado para avaliar os impactos ecológicos.

A Figura 5-7 apresenta o ΔT correspondente ao percentil 95 e a Figura 5-8 apresenta os contornos do ΔT correspondente ao percentil 100. Estes gráficos de contorno mostram o ΔT que ocorre na profundidade mais desfavorável da coluna de água, obtida calculando-se primeiro a estatística relevante em cada camada do modelo e, em seguida, seleccionando a camada com o ΔT mais elevado.

Devido à descarga à superfície e à flutuabilidade ascendente da descarga térmica, o ΔT máximo ocorre próximo da superfície da água, com pouco impacto junto ao fundo marinho. Este facto é ilustrado na Figura 5-9, que apresenta a secção transversal S1 ao longo da coluna de água para os percentis 95 e 100, conforme indicado pela linha azul nas Figuras 5-7 e 5-8..

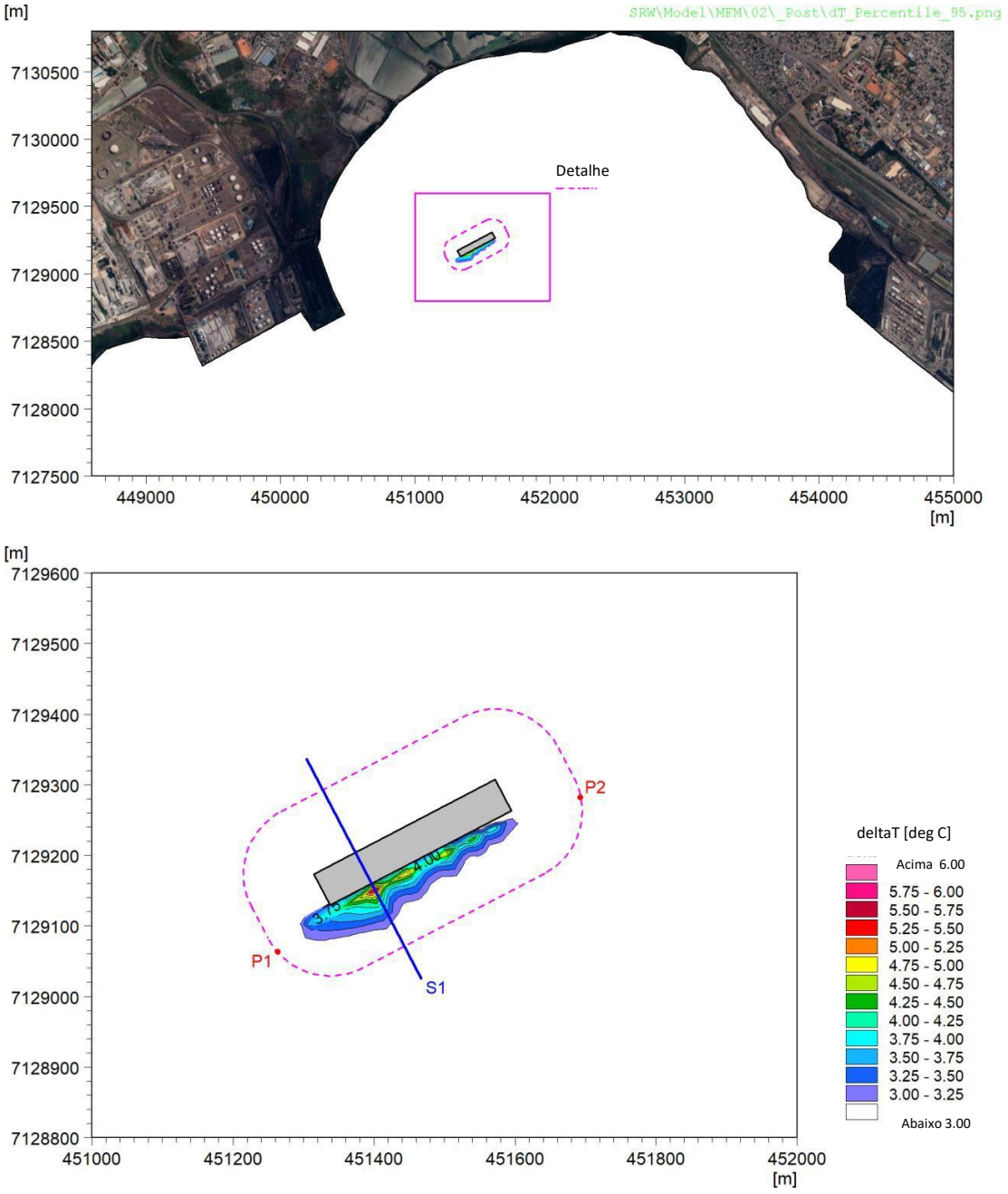


Figura 5-7: ΔT correspondente ao percentil 95 na pior profundidade da coluna de água.

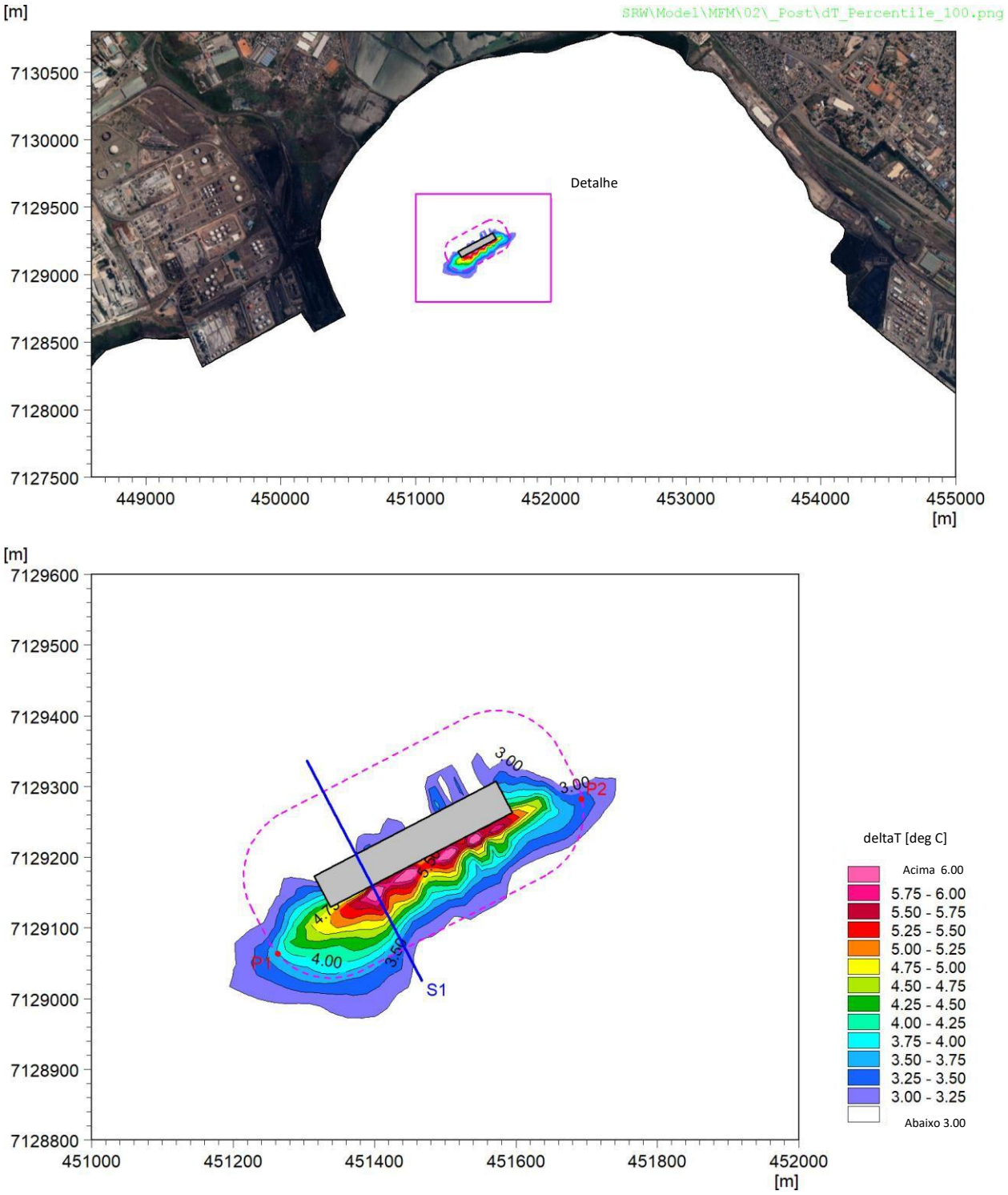


Figura 5-8: ΔT correspondente ao percentil 100 (máximo) na pior profundidade da coluna de água.

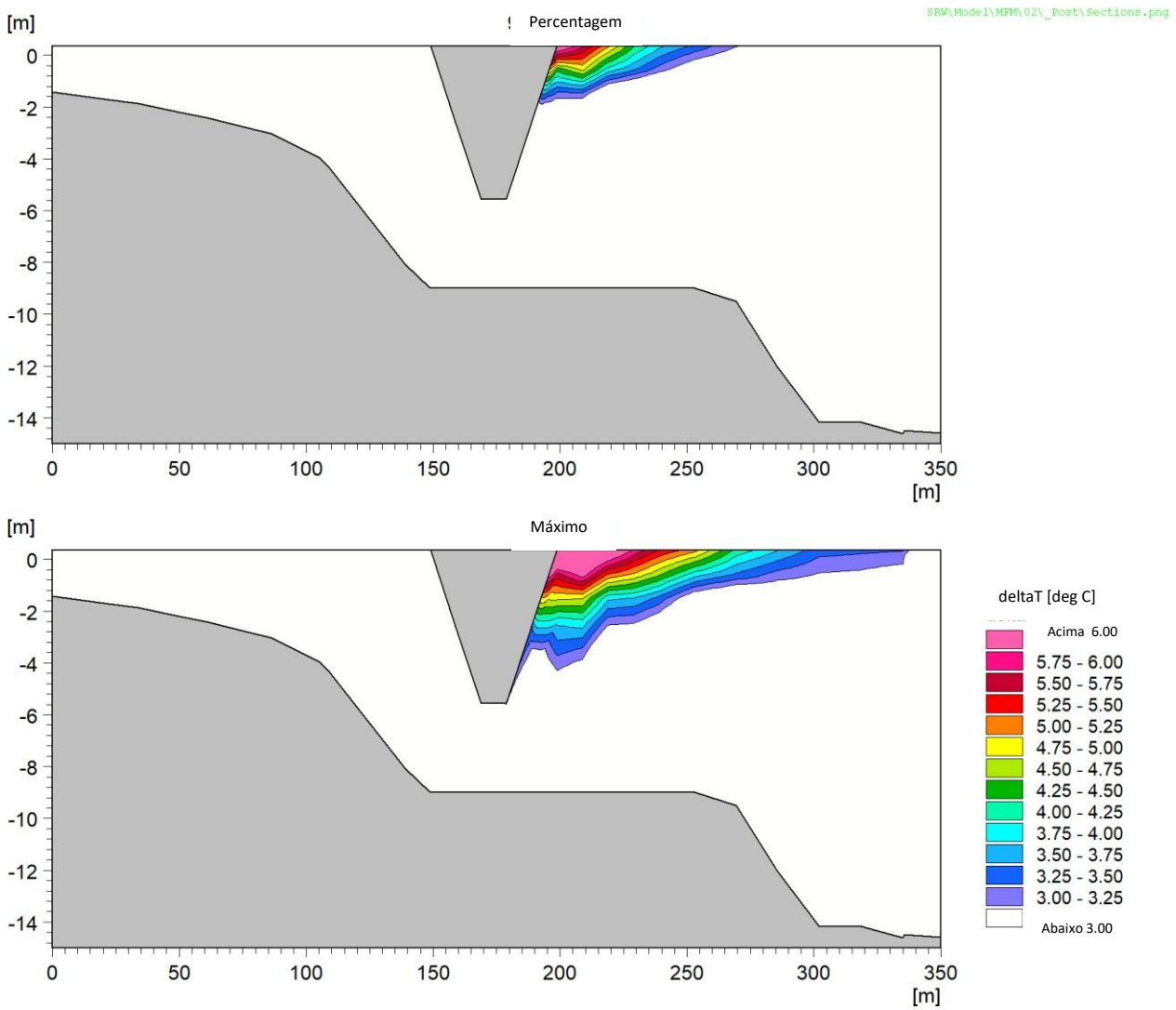


Figura 5-9: Secção transversal S1 do ΔT correspondente aos percentis 95 e 100 (máximo) (S1 na Figura 5-7 e Figura 5-8).

A figura 5-10 apresenta a série temporal de ΔT ao longo dos dois meses da simulação. Os ΔTs foram extraídos nos pontos mais desfavoráveis (máximo ΔT) a montante e a jusante ao longo do limite da zona de mistura de 100 m, como indicado na Figura 5-7 (P1 e P2). O objectivo dos gráficos de séries temporais é mostrar as variações temporais do ΔT. Estes gráficos demonstram que a dispersão da pluma é dominada pelas correntes de maré, as quais são moduladas pelo ciclo de marés vivas e mortas e por uma componente menor de correntes induzidas pelo vento. Os gráficos também não evidenciam qualquer acumulação de temperatura ao longo do período de simulação.

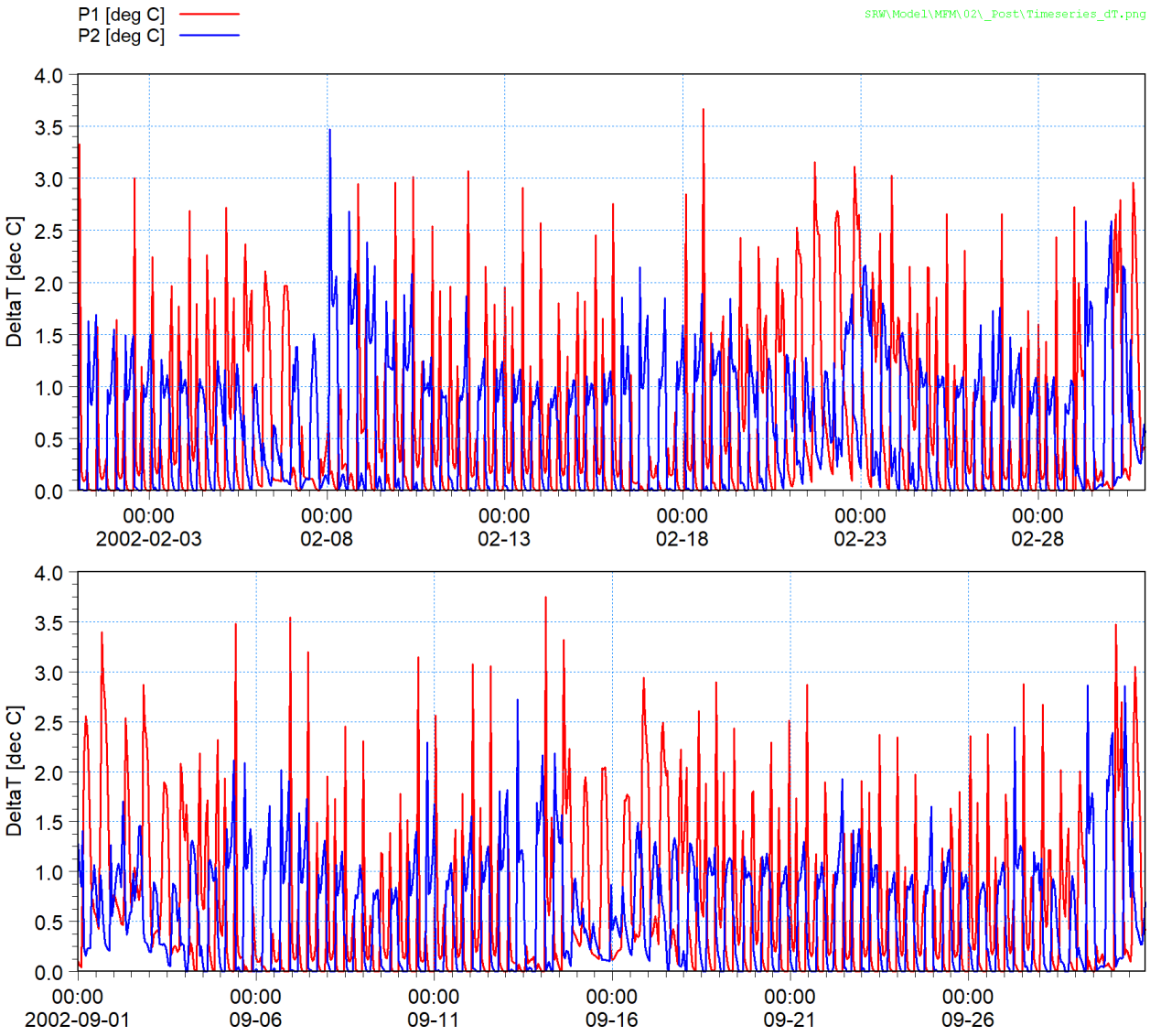
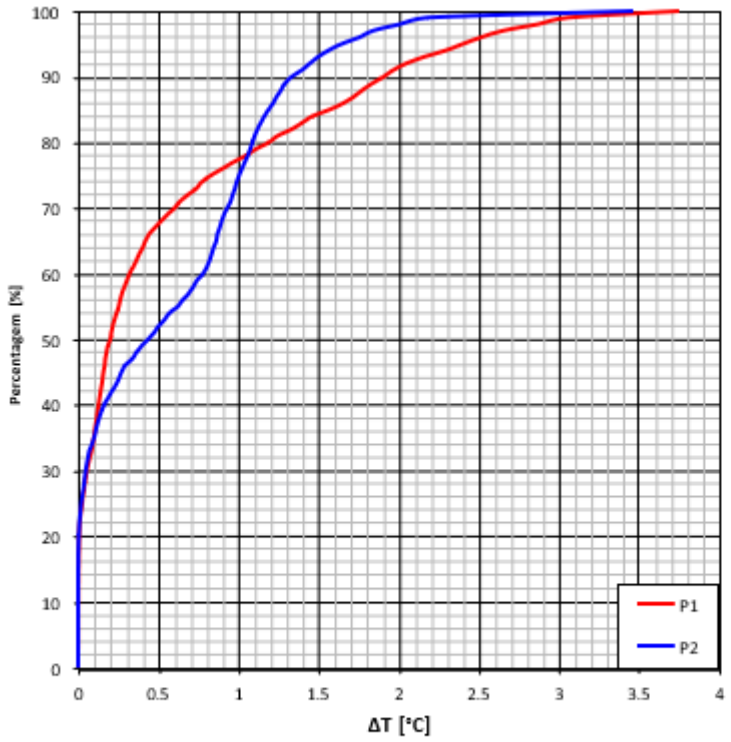


Figura 5-10: Série cronológica de ΔT próximos da superfície nos pontos mais desfavoráveis a montante (P1) e a jusante (P2) ao longo do limite da zona de mistura de 100 m (Figura 5-7).

As curvas de excedência do ΔT nos dois pontos são apresentadas Figura 5-11.



Percentagem [%]	P1 ΔT [°C]	P2 ΔT [°C]
1	0.00	0.00
5	0.00	0.00
10	0.00	0.00
20	0.01	0.00
30	0.05	0.05
40	0.13	0.16
50	0.20	0.44
60	0.32	0.78
70	0.60	0.93
80	1.19	1.09
90	1.91	1.33
95	2.40	1.65
99	3.06	2.18
100	3.75	3.47

Figura 5-11: Curvas de excedência de ΔT perto da superfície no pior local a montante e a jusante ao longo do limite da zona de mistura de 100 m (Figura 5-7).

A Tabela 5-1 apresenta uma comparação dos resultados do modelo com as directrizes de qualidade da água descritas na Secção 3. A comparação é apresentada para os resultados do modelo correspondentes aos percentis 95 e 100 (máximo). Caberá ao especialista em ecologia marinha decidir qual o percentil mais apropriado para avaliar os impactos ecológicos.

Tabela 5-1: Comparação dos resultados do modelo com as directrizes de qualidade da água

Percentagem	Distância necessária para cumprir a diretriz ΔT de 3°C	ΔT a uma distância de 100 m do Powership
95% do tempo	62 m	2.6°C
100% do tempo (maximum)	189 m	3.8°C

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Um modelo hidrodinâmico 3D calibrado foi utilizado para prever a extensão da pluma térmica gerada pelo Powership considerado na Matola a funcionar continuamente a 100% de potência e a descarregar perto da superfície do mar.

Os resultados do modelo mostram que a directriz do Banco Mundial/IFC de ΔT = 3°C é cumprida a uma distância de 189 m do Powership durante 100% do tempo e a uma distância de 62 m durante 95% do tempo.

A uma distância de 100 m do Powership, o ΔT é inferior a 3,8°C durante 100% do tempo e inferior a 2,6°C durante 95% do tempo.

Assumindo uma directriz de qualidade da água de ΔT = 3°C e uma zona de mistura de 100 m, então os resultados do modelo indicam que esta directriz é cumprida durante mais de 95% do tempo.

No entanto, as directrizes adequadas de qualidade da água e o tamanho da zona de mistura, bem como a percentagem de tempo aplicável, devem ser confirmados como parte do estudo especializado em ecologia marinha a ser levado a cabo pela Impacto. O estudo de ecologia marinha deverá então utilizar estes resultados do modelo para avaliar o impacto ecológico da descarga térmica.

8. REFERÊNCIAS

DHI, 2023a. *MIKE by DHI Flow Flexible Mesh Model, User Guide,* Copehagen, Denmark: Danish Hydraulics Institute.

DHI, 2023b. *MIKE by DHI Flow Flexible Mesh, Scientific Documentation,* Copenhagen, Denmark: Danish Hydraulics Institute.

DHI, 2023c. *MIKE C-MAP, Extraction of World Wide Bathymetry Data and Tidal Information, User Guide,*

Copenhagen, Denmark: Danish Hydraulics Institute..

DTU, 2010. *DTU10 - Global Ocean Tide Model,* Lisbon, Portugal: DTU SPACE. ECMWF, 2020. *ECMWF ERA5 Reanalysis model.* [Online]

Available at: https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5 [Accessed 11 2020].

FutureWater, 2014. *Water Allocation Models for the Umbeluzi River Basin, Mozambique,* Wageningen, Netherlands: FutureWater.

Saide, V. F., 2000. *Tides, Circulation and Water Masses in Maputo Bay,* Gothenburg, Sweden: Gothenburg University.

SRTM, 2020. *Shuttle Radar Topography Mission ,* Washington, D.C., United States: NASA.

World Bank Group, 2017. *Environmental, Health, and Safety Guidelines Liquefied Natural Gas Facilities,* s.l.: s.n.

EE-6

Monitorização do Ruído e das Vibrações e Avaliação da Central Termoeléctrica Flutuante

Elaborado por:

Tim Mason
Subacoustech Environmental Ltd
Unit 2, Muira Industrial Estate
William Street
Southampton
SO14 5QH
United Kingdom

Tel: +44 (0)23 80 236 330

E-mail: tim.mason@subacoustech.com
Website: www.subacoustech.com

[Title]

Luciana Santos

03 April 2023

Relatório Ambiental Subacoustech No.

[Subject]

Documento No.	*Data*	*Escrito*	*Aprovado*	*Distribuição*
P358R0101	*27/03/2023*	*T Mason*	*Draft*	*C Ayanoğlu (Karpowership)*
P358R0102	*03/04/2023*	*T Mason*	*S East*	*C Ayanoğlu (Karpowership)*

Este relatório é um documento controlado. A página de documentação do relatório lista o número da versão, registo das alterações, informação de referência, resumo e outros detalhes da documentação.

CONTEÚDOS

1 INTRODUÇÃO 1

2 TERMINOLOGIA DA ACÚSTICA SUBAQUÁTICA 2

2.1 UNIDADES DE MEDIDA 2
2.2 NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (NPS) 2
2.3 VIBRAÇÃO DO FUNDO DO MAR E DO LEITO DO RIO 2

3 PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DE REFERÊNCIA 4

3.1 MONITORIZAÇÃO ESTÁTICA 4
3.2 MONITORIZAÇÃO COM BASE EM BARCOS FREQUENTADOS 5
3.3 MONITORIZAÇÃO DAS VIBRAÇÕES 6
3.4 RESUMO 7

4 RESULTADOS DE REFERÊNCIA 8

4.1 VISÃO GERAL 8
4.2 MONITOR DE LOCALIZAÇÃO ESTÁTICA A LONGO PRAZO 8
4.3 INQUÉRITO DE MONITORIZAÇÃO COM BASE EM BARCOS 10
4.4 MONITORIZAÇÃO DAS VIBRAÇÕES 11

5 RUÍDO SUBAQUÁTICO MEDIDO EM SEKONDI, GANA 13

5.1 MONITORIZAÇÃO ESTÁTICA 14
5.2 MONITORIZAÇÃO DE EMBARCAÇÕES FREQUENTADAS 15

6 AVALIAÇÃO DOS EFEITOS AMBIENTAIS 19

6.1 MAMÍFEROS MARINHOS 19
6.2 PEIXES 21

7 IMPACTO SONORO DA CENTRAL TERMOELÉCTRICA FLUTUANTE EM TORNO DO PORTO DA MATOLA . 24

7.1 NÍVEIS DE RUÍDO DO NAVIO A INSTALAR NO PORTO DE MATOLA 24
7.2 MITIGAÇÃO 28

8 CONCLUSÕES 29

PÁGINA DE DOCUMENTAÇÃO DO RELATÓRIO I

Glossário

Termo	Definição
Decibel (dB)	Uma escala habitual, frequentemente utilizada (de várias formas) para indicar os níveis sonoros. Uma diferença de 10 dB corresponde a um fator de 10 na potência sonora. A medição real do som é comparada com um nível de referência fixo e o valor em «decibéis» é definido como 10 $\log_{10}$(valor real/referência), sendo que (valor real/referência) é uma relação de potência.. Como a potência sonora é geralmente proporcional à pressão sonora ao quadrado, o valor de decibel da pressão sonora é 20 $\log_{10}$(pressão real/pressão de referência). A referência padrão para o som subaquático é 1 micro pascal (µPa). O símbolo dB é seguido por um segundo símbolo que identifica o valor de referência específico (por exemplo, re 1 µPa).
Pico de pressão	A pressão mais elevada, acima ou abaixo da pressão ambiente, associada a uma onda sonora.
Pressão de pico a pico	A soma das pressões positivas e negativas máximas associadas a uma onda sonora.
Alteração Permanente do Limiar (APL)	Uma perda total ou parcial permanente da sensibilidade auditiva causada por traumatismo acústico. A APL provoca danos irreversíveis nas células ciliadas sensoriais do ouvido, resultando assim numa redução permanente da acuidade auditiva.
Velocidade de pico da partícula (VPP)	A maior (pico) velocidade de movimento (vibração) de uma partícula num meio (por exemplo, o mar ou o leito de um rio) como vector numa determinada direcção, ou eixo.
Raiz Quadrada Média (RMQ)	A raiz quadrada da média aritmética de um conjunto de valores instantâneos quadráticos. Utilizada para a apresentação de um nível médio de pressão sonora.
Nível de Exposição Sonora (NES)	O nível sonoro constante actuando durante um segundo, que tem a mesma quantidade de energia acústica, indicada pelo quadrado da pressão sonora, que o som original. É o nível de pressão sonora integrada no tempo, o nível de pressão sonora ao quadrado. NES é tipicamente utilizado para comparar eventos sonoros transitórios com diferentes durações de tempo, níveis de pressão, e características temporais.
Nível de Exposição Sonora, cumulativo (NES_{cum})	Valor único para o total recolhido, combinado de exposição sonora durante um tempo especificado ou múltiplas instâncias de uma fonte de ruído.
Nível de pressão sonora (NPS)	O nível de pressão sonora é uma expressão da pressão sonora utilizando a escala de decibel (dB); as pressões de frequência padrão são de 1 µPa para a água e 20 µPa para o ar.
Alteração Temporária do Limiar (ATL)	Redução temporária da acuidade auditiva devido à exposição ao som ao longo do tempo. A exposição a níveis elevados de som durante períodos de tempo

Termo	Definição
	relativamente curtos poderia causar o mesmo nível de ALT que a exposição a níveis mais baixos de som durante períodos de tempo mais longos.
Nível de som não ponderado	Níveis sonoros ”brutos” ou que não foram ajustados de forma alguma, por exemplo para ter em conta a capacidade auditiva de uma espécie.
Nível sonoro ponderado	Um nível sonoro que foi ajustado em relação a um "envelope de ponderação" no domínio da frequência, tipicamente para tornar um nível não ponderado relevante para uma determinada espécie. Exemplos disto são os dB(A), onde o nível sonoro global foi ajustado para ter em conta a capacidade auditiva dos humanos, ou os filtros utilizados por Southall et al. (2019) para mamíferos marinhos.

1. INTRODUÇÃO

A Karpowership Global DMCC propõe a instalação de uma Central Termoeléctrica Flutuante (CTF) perto do Porto de Matola, Moçambique. Esta será composta por 21 motores e dois geradores de vapor. Como parte do processo de autorizações, a Karpowership encomendou à Subacoustech Environmental Ltd a realização de medições de ruído subaquático e de vibrações no porto e nas suas imediações, bem como nos rios próximos. As medições têm como objetivo estabelecer uma referência no ambiente local relativamente ao ruído e vibrações subaquáticas antes da instalação de qualquer equipamento gerador de ruído, representativa das condições no momento do levantamento no final da estação chuvosa, em Março de 2023.

Foi realizada uma avaliação do ruído gerado por uma CTF proposao neste ambiente, com base nestas medições. Idealmente, uma avaliação do ruído mediria o impacto do ruído da CTF real em funcionamento no Porto de Matola, Moçambique. Contudo, não existem Centrais Termoeléctricas Flutuantes em funcionamento (nenhuma pode ser estabelecida antes de se obter a autorização ambiental) no Porto de Matola. A Subacoustech visitou a Base Naval de Sekondi, Gana, de 3 a 6 de Setembro de 2022, para recolher amostras de ruído subaquático em torno de uma CTF operacional, a Osman Khan, que é semelhante à proposta para ser implantada em Moçambique. Com base na potência máxima de saída do Osman Khan (420 MW), no desenho do porto e nos parâmetros técnicos considerados, esta CTF é de uma classe equivalente e adequada para este estudo.

A fim de apresentar um relatório cientificamente fiável, com base no qual os especialistas ambientais, as partes interessadas e afetadas e o Ministério da Terra e do Ambiente (MTA) possam avaliar os impactos do ruído do projeto no ambiente, a Subacoustech adotou o seguinte protocolo de estudo, adequado a projetos desta natureza, para avaliar os impactos do ruído da CTF no Porto de Matola::

1. Realizar um estudo e avaliação do ruído subaquático da CTF de classe semelhante à destinada ao Projecto em Moçambique, no porto onde a CTF esteja em funcionamento e onde as condições portuárias sejam comparáveis;
2. Extrapolar os resultados utilizando métodos científicos estabelecidos para ter em conta as diferenças nas especificidades portuárias do Porto de Matola, a fim de prever como os efeitos reais do ruído do Projecto irão interagir com os níveis sonoros existentes.

Este relatório fornece um resumo dos níveis de ruído e vibração da situação de referência, juntamente com uma avaliação do impacto potencial do ruído subaquático de uma CTF operacional a ser instalado no Porto de Matola.

2. TERMINOLOGIA DA ACÚSTICA SUBAQUÁTICA

2.1. Unidades de medida

As medições do som debaixo de água são geralmente expressas utilizando a escala de decibel (dB), que é uma medida logarítmica do som. Uma escala logarítmica é utilizada porque, em vez de incrementos iguais de som terem um aumento igual no efeito, normalmente cada duplicação do nível de som provoca um aumento aproximadamente igual da "intensidade sonora".

Qualquer quantidade expressa nesta escala é denominada um "nível". Se a unidade for pressão sonora, expressa na escala de dB, será denominada um "nível de pressão sonora".

A definição fundamental da escala dB é dada por:

$$Nível = 10 \times \log_{10}\left(\frac{Q}{Q_{ref}}\right)$$

Onde Q é a quantidade expressa na escala, e Q_ref é a quantidade de referência.

A escala dB representa uma relação. É, portanto, utilizada com uma unidade de referência, que exprime a base a partir da qual o rácio é expresso. A quantidade de referência é convencionalmente menor do que o menor valor a ser expresso na escala, de modo que qualquer nível citado seja positivo. Por exemplo, uma quantidade de referência de 20 µPa é utilizada para o som no ar, uma vez que esse é o limiar inferior da audição humana.

Quando usado com pressão sonora, o valor da pressão é quadrático. Para que as variações nas unidades estejam de acordo, a pressão sonora deve ser especificada como unidades de Pressão Quadrada da Média Quadrática (RMQ)) ao quadrado. Isto é equivalente a expressar o som como:

$$Nível\ de\ pressão\ sonora = 20 \times \log_{10}\left(\frac{P_{RMQ}}{P_{ref}}\right)$$

Para som subaquático, uma unidade de 1 µPa é tipicamente utilizada como unidade de referência (P_ref); um Pascal é igual à pressão exercida por um Newton sobre um metro quadrado, um micropascal é igual a um milionésimo deste.

2.2. Nível de Pressão Sonora (NPS)

O NPS é normalmente utilizado para caracterizar o ruído de natureza contínua, tais como perfuração, sondagem, sonares de onda contínua ou níveis de ruído de fundo do mar e dos rios.. Para calcular o NPS, a variação da pressão sonora é medida durante um período específico para determinar o nível RMQ do som variável no tempo. O NPS pode, portanto, ser considerado uma medida do nível médio de som ao longo do período de medição. É frequentemente apresentado como um único valor do nível global de ruído de banda larga, por exemplo 95,0 dB NPS_{RMQ} re 1 µPa. Salvo indicação em contrário, todos os valores NPS_{RMQ} neste relatório são referenciados a 1 µPa.

Com base na equação acima, uma duplicação da pressão sonora (P_{RMQ}) é equivalente a um aumento de 6 dB no nível de pressão sonora (NPS_{RMQ}).

2.3. Vibração do fundo do mar e do leito do rio

Algumas fontes de ruído podem transmitir o som ao solo, e a energia chega à água através da transmissão de vibrações através do solo e rocha circundantes. Este caminho de transmissão pode ser identificado através da instalação de um transdutor no solo ou na proximidade do local da fonte de interesse para medir o movimento da superfície. Isto pode ser feito unidimensionalmente (ou seja, numa direcção) ou nas três direcções, ou eixos, usando X, Y e Z para denotar a direcção relativa ao movimento do solo, normalmente relativa à direcção de

propagação da energia ou algum outro ponto de referência fixo. Este estudo utiliza a direcção ao longo do rio (com a corrente) como eixo X, e o eixo Y é perpendicular a este. O eixo Z é vertical.

Todas as medições de vibração são fornecidas como velocidade de vibração em mms-1, quer como velocidade de pico de partícula (VPP) ou RMQ.

Vale a pena notar que os níveis de vibração são apenas medidos para detectar uma trajectória de transmissão da fonte ao receptor; não existem critérios relevantes de impacto vibratório para efeitos de avaliação.

3. PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DE REFERÊNCIA

Os níveis de ruído subaquático da situação de referência, representativos das condições próximas do porto de Matola em Março, foram amostrados utilizando duas técnicas.

3.1. Monitorização estática

3.1.1. Equipamento

- Hidrofone: Ocean Sonics icListen SB2 hidrofone digital (s/n 1433)
- Sensibilidade: -176,4 dB re. 1V/µPa @250 Hz
- Taxa de amostragem: 64 kS/s
- Profundidade - bits: 24 bit
- Gravação: Formato WAV contínuo sem compressão

3.1.2. Procedimento

Foi instalado um monitor estático num local representativo no local proposto para a CTF, como mostra a Figura 3-1. Este local estava fora da "linha de visão" de grande parte da baía e de quaisquer fontes de ruído existentes.

O monitor estático foi fixado ao leito marinho e ficou suspenso a cerca de 1 m acima deste, no local assinalado como LTM (Monitor de Longo Prazo) na Figura 3-1. Foi utilizada uma amarração em forma de J, ilustrada na Figura 3-2, na qual um hidrofone (para monitorização do som subaquático) é mantido no fundo do mar por um peso de fixação, e uma linha de fundo liga-se a outro peso que fixa uma bóia de superfície para identificação e futura recolha. Esta configuração minimiza qualquer ruído causado por ondas à superfície que afectam o monitor (ver ISO 18406:2017 e Dudzinski et al. 2011 para detalhes).

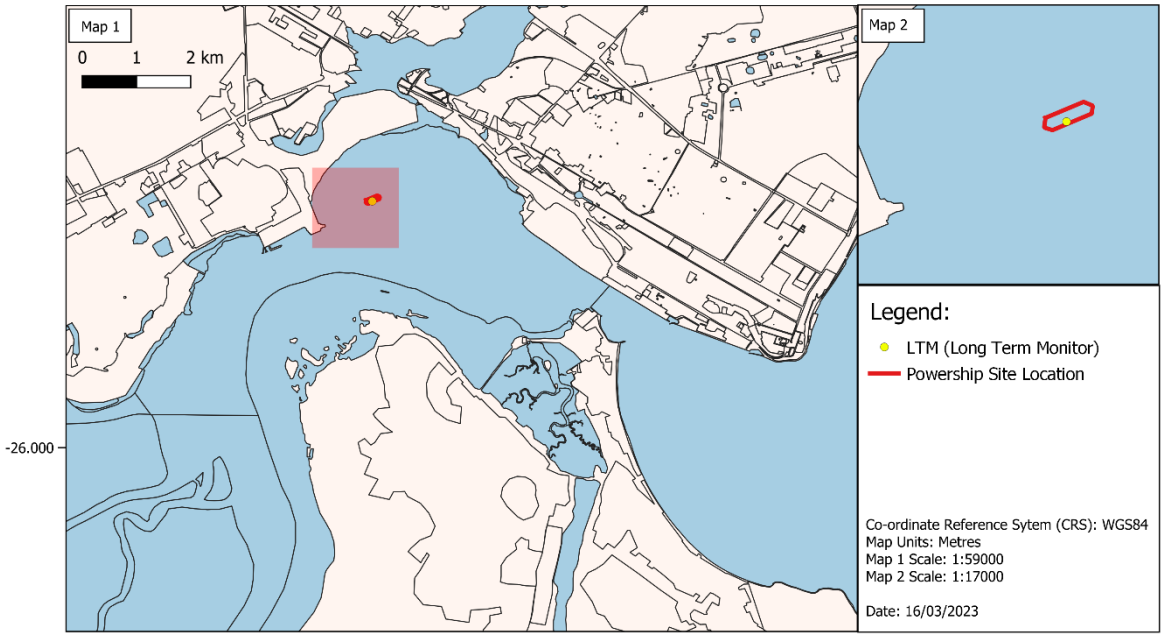


Figura 3-1 - Localização do monitor estático (marcado como LTM) QGIS Shapefile Fonte: http://download.geofabrik.de/

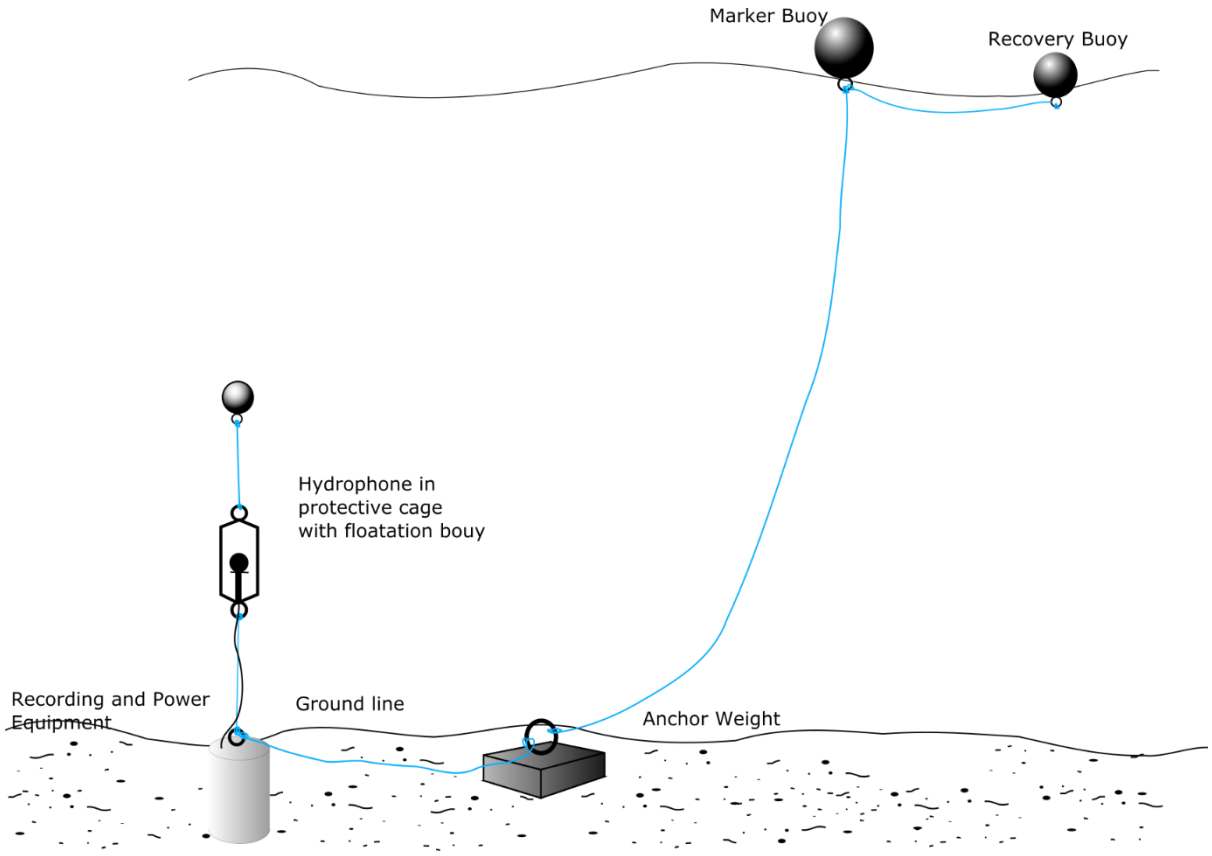


Figura 3-2 – Esboço mostrando a configuração do monitor estático (não à escala)

A monitorização foi realizada utilizando um hidrofone de alta sensibilidade adequado para a medição dos níveis de ruído de fundo neste ambiente. O transdutor utilizado foi um hidrofone digital de baixo ruído OceanSonics icListen SB2 (s/n: 1433). Esta estação de medição recolheu amostras continuamente durante um período de aproximadamente 48 horas dia e noite, o que é suficiente para captar variações ao longo de ciclos completos de maré, bem como qualquer influência do movimento de navios graneleiros e outras pequenas embarcações que passam nas proximidades, tais como rebocadores.

3.2. Monitorização assistida a partir de embarcações

3.2.1. Equipamento

- Hidrofone: Resson TC4014 s/n: 4005037
- Sensibilidade: -185,5 dB re. 1V/µPa
- Pré-amplificador: Amplificador de 4 canais Subacoustech
- DAQ: Instrumentos Nacionais USB-6216
- Gravação: amostras de 10 segundos - Subacoustech formato SUB não comprimido.

3.2.2. Procedimento

A empresa de consultoria acústica Subacoustech realizou um levantamento com pessoal a bordo de uma embarcação de pesquisa. Em simultâneo com o monitor estático, foi efetuada uma série de medições pontuais em várias posições nas águas em torno do porto de Matola e nos rios circundantes. Numerosas medições foram efectuadas nas proximidades do local proposto para a CTF, e várias medições foram efectuadas em vários locais na Baía de Maputo. A figura 3-3 apresenta a localização das medições efectuadas nas proximidades do local da CTF (x) e dos vários locais de medição em mar aberto (1-10), com pelo menos duas medições pontuais realizadas

por área marcada. Não foram efectuadas medições a menos de 100 m de qualquer embarcação, a menos que explicitamente indicado.

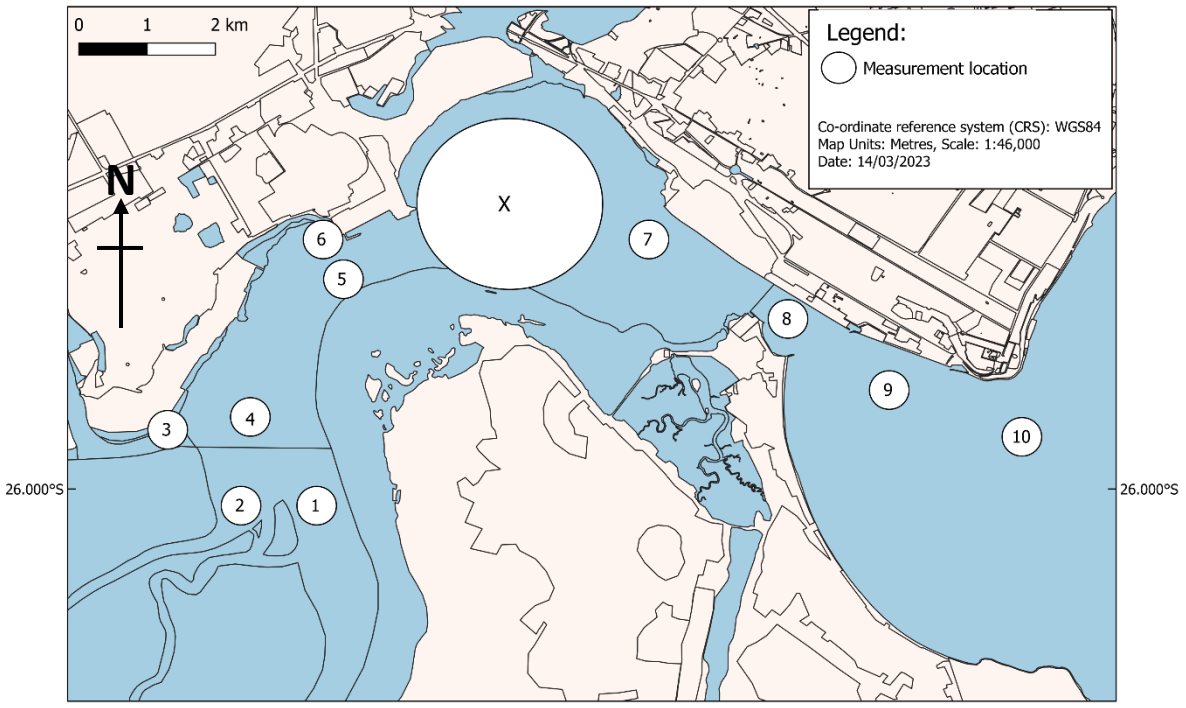


Figura 3-3 – Locais de medição em Matola, Moçambique. A área marcada com X representa medições feitas perto do local de medição da CTF, e as áreas marcadas com 1-10 representam locais de medição mais distantes. QGIS Shapefile Fonte: http://download.geofabrik.de/

Quando cada local de medição foi atingido, qualquer equipamento gerador de ruído, incluindo o motor da embarcação, foi desligado e a embarcação foi deixada à deriva com a corrente, a fim de minimizar o ruído do fluxo. O hidrofone foi lançado pela borda do barco através de um cabo comprido e deixou-se flutuar com a corrente, afastando-se do barco, aproximadamente a meia profundidade, por baixo de uma bóia de superfície. O hidrofone utilizado a partir da embarcação de pesquisa era um Reson TC4014 de baixo ruído e alta sensibilidade, acoplado a um sistema de amplificação concebido pela Subacoustech e a equipamento de aquisição de dados (DAQ) da National Instruments. Este sistema de hidrofones suspensos à superfície é ideal para um levantamento realizado a partir de uma embarcação que exija uma rápida colocação e recuperação com uma embarcação à deriva.

Foram colhidas no mínimo duas amostras consecutivas de 10 segundos em cada local, antes de os motores serem reiniciados e o barco ser deslocado para o local seguinte. Um total de 102 amostras foram recolhidas perto do local da CTF, a cerca de 1,7 km do local proposto, em vários momentos do dia e estados de maré.

3.3. Monitorização das vibrações

3.3.1. Procedimento

As medições de vibração foram efectuadas segundo um procedimento semelhante ao das medições do ruído subaquático. O conjunto geófono, composto por um transdutor geofónico triaxial Vibrock montado numa placa pesada, foi baixado até ao fundo do mar utilizando uma segunda linha para manter a orientação e deixou-se assentar no sedimento. O geofone foi orientado de forma que o eixo longitudinal estivesse em linha com a direcção do fluxo de água. Assim que o geófono foi instalado e à medida que cada medição era iniciada, o cabo

era desenrolado e deixado à deriva com a corrente, de modo a minimizar o efeito da vibração adicional induzida pela corrente no cabo (vibração do cabo). Cada medição durou aproximadamente 10 segundos.

A figura 3-4 abaixo ilustra todos os locais de monitorização de vibrações, que se situavam mais perto do local do que os pontos de medição de ruído subaquático, uma vez que a vibração tende a não se propagar tão longe como o ruído subaquático. As formas de onda para três locais (locais identificados com 1-3) são apresentadas no Apêndice F, tendo sido selecionados para representar diferentes condições ambientais perto da localização da CTF (1: CTF (Powership), ~6 m; 2: água rasa, <1 m; 3: água profunda, ~15 m).

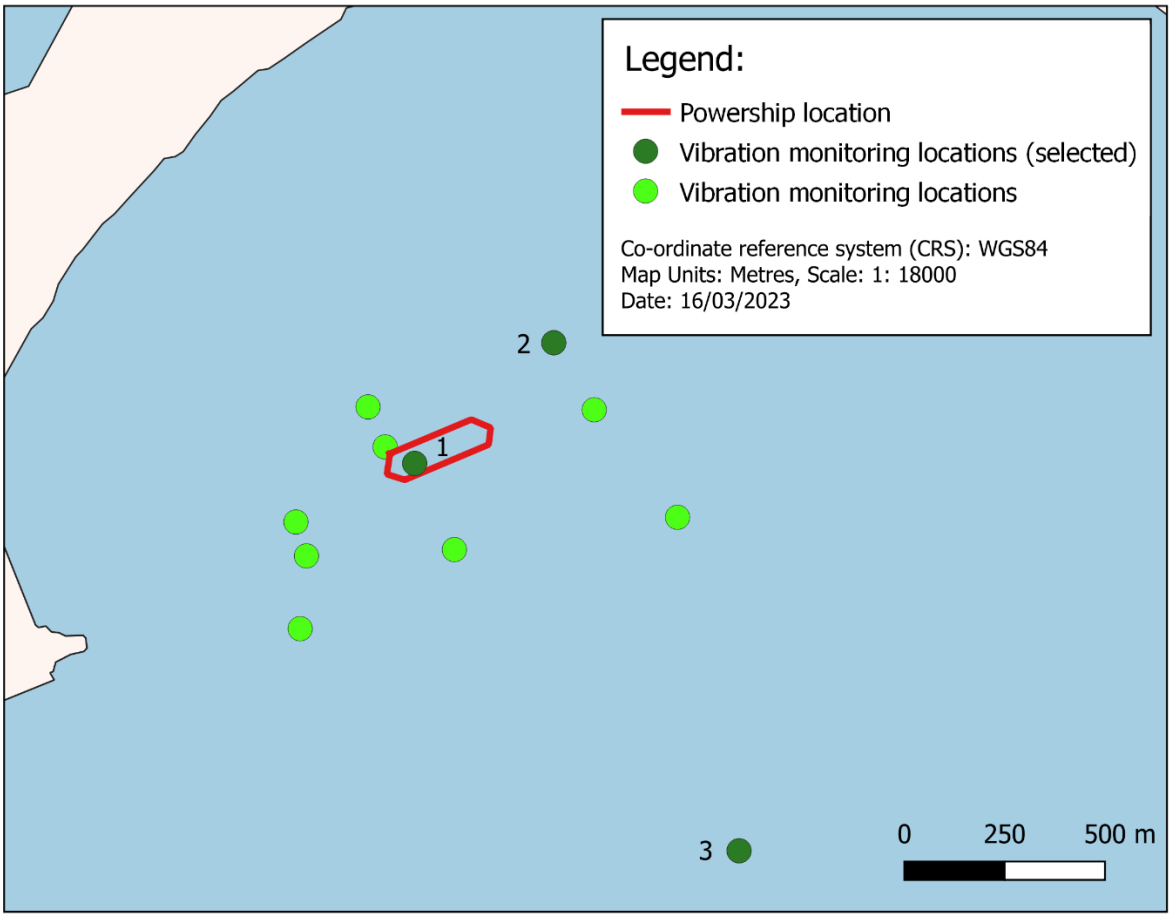


Figura 3-4 Locais de monitorização das vibrações em torno do local proposto para a CTF. São seleccionados três locais para apresentação de resultados detalhados: 1. CTF (Powership), 2. baixo (<1m), 3. profundo (~15m). QGIS Shapefile Fonte: http://download.geofabrik.de/

3.4. Resumo

Em conjunto, a monitorização estática e a monitorização assistida a partir de embarcações têm como objetivo revelar a variação espacial e temporal do ruído subaquático de referência em Matola e arredores durante o período de amostragem. Embora não seja possível representar todos os locais da área, os locais foram escolhidos de modo a proporcionar uma distribuição razoável da monitorização do nível de ruído. Longe das principais fontes de ruído, espera-se que a alteração do nível de ruído seja lenta.

Todo o equipamento foi calibrado antes e depois das medições. Não foi observado qualquer desvio na calibração. Os certificados completos de calibração são fornecidos no Apêndice A.

4. RESULTADOS INICIAIS

4.1. Visão geral

O ruído recolhido na Matola foi principalmente influenciado por uma combinação de sons biológicos, e pelo movimento da água e ocasionalmente, pela passagem de navios. Isto representa os níveis de ruído de referênica no final da estação das chuvas, em Março. O ruído da navegação foi maior perto da Matola, onde grandes navios graneleiros estavam a carregar ou a descarregar. Um navio graneleiro encontrava-se no porto de Matola durante as medições ou a ser posicionado. Para a maioria da Matola, o ruído ambiente é dominado por estalidos biológicos de origem desconhecida, que se supõe serem de peixe ou camarão.

Algum aumento do ruído foi também determinado como sendo causado pelas condições meteorológicas, com ventos mais fortes a provocar um mar ligeiramente mais agitado e níveis de ruído mais elevados em alguns locais, especialmente perto da entrada do rio na baía de Maputo. No entanto, as condições durante todo o período do levantamento foram sem precipitação e as ondas foram geralmente inferiores a 0,5 m (embora isto tenha aumentado perto da entrada de Maputo ou mais ao largo).

As condições durante todo o período do levantamento foram sem precipitação e as velocidades do vento geralmente abaixo dos 8-10 kts ou calmaria. As ondas eram geralmente inferiores a 0,5 m, excepto num número limitado de ocasiões e locais fora da baía.

Tabela 4-1 Condições meteorológicas no momento da pesquisa

Hora do levantamento	Velocidade do vento	Altura da onda	Geral
4 de Março, 14:25 – 18:03	5 – 139 kts	<0,9 m de ondas em todos os locais visitados	Ensolarado, sem precipitação
5 de Março, 09:39 – 14:51	5 – 810 kts	<0,8 m de ondas em todos os locais visitados	Ensolarado, sem precipitação
6 de Março, 10:58 – 11:40	8 – 9 kts	<0,5 m de ondas em todos os locais visitados	Parcialmente nublado, sem precipitação

Este levantamento inicial é de curto prazo, e não se destina a servir de referência para o ruído subaquático a longo prazo ou sazonal . Com as condições meteorológicas favoráveis, com ventos fracos e acção de ondas superficiais, estes valores representarão um nível mínimo razoável para o ruído ambiente subaquático. A utilização do porto manter-se-á razoavelmente constante ao longo do ano e é provável que as alterações climáticas conduzam a aumentos do ruído de fundo devido ao agravamento das condições meteorológicas. Assim, espera-se que os níveis de ruído medidos representem o pior caso para qualquer avaliação de impacto subsequente.

4.2. Monitorização estática de longo prazo

Os níveis de ruído do monitor estático são apresentados na Figura 4-1, mostrando a variação de ruído ao longo de 48 horas. Houve uma variação de quase 30 dB no ruído ao longo das 48 horas, em grande parte devido às marés, à passagem de embarcações e às variações no ruído biológico. Os níveis de ruído mais elevado e mais baixo atingiram 140,7 dB e um pouco mais de 112 dB, ocorrendo várias vezes; a causa específica disto é desconhecida mas é provável que sejam grandes embarcações de transporte a granel ou rebocadores mais acima no cais, a variações no ruído biológico e/ou ruído relacionado com o fluxo das marés.

A tabela 4-2 mostra o resumo geral com o mínimo, máximo e médio NPS_{RMQ} para todo o período amostrado no monitor estático.

Tabela 4-2 – Níveis SPL_{RMQ} máximos, mínimos e médios registados pelo monitor estático na Matola entre 4 e 6 de Março, com base em períodos de amostra de 15 minutos

Posição	NPS_{RMQ} mínimo (dB re 1 µPa)	NPS_{RMQ} médio (dB re 1 µPa)	NPS_{RMQ} máximo (dB re 1 µPa)
LTM	112.2	128.0	140.7

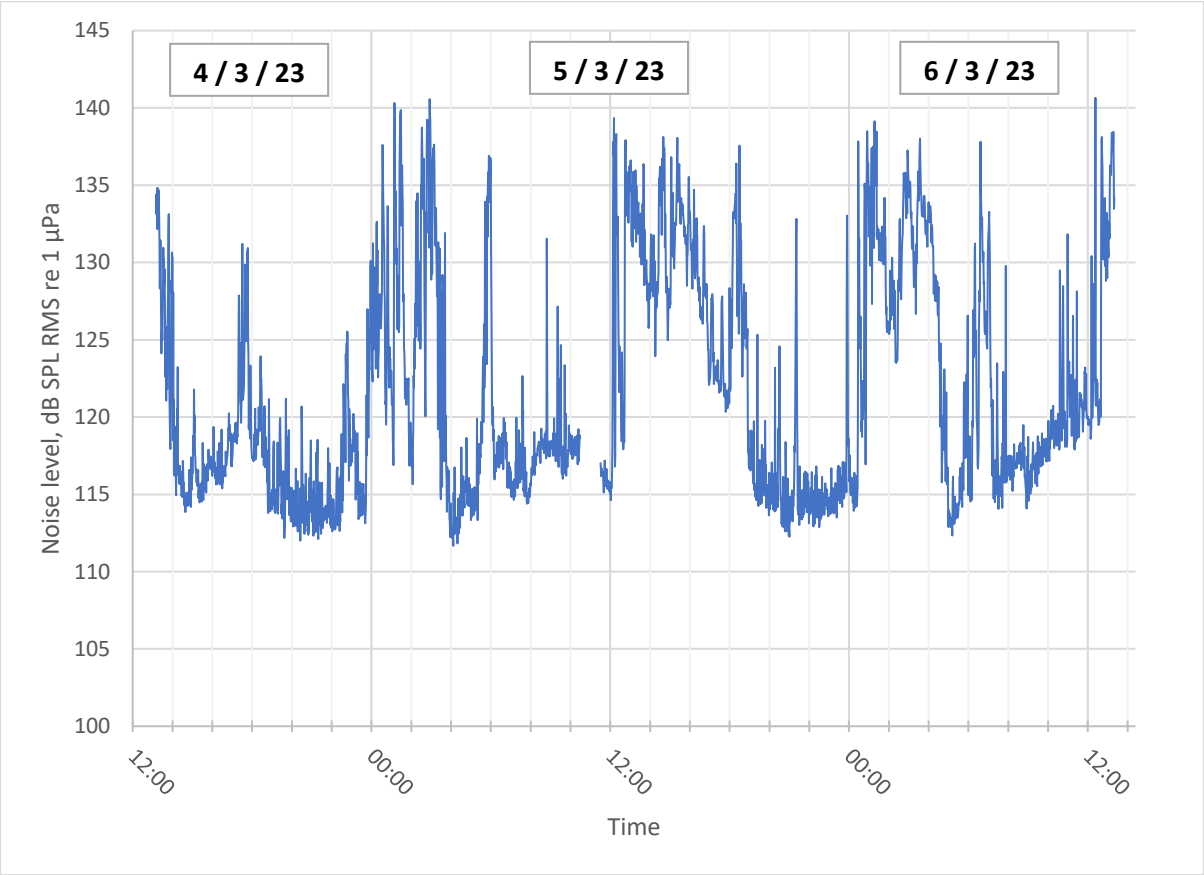


Figura 4-1 - Níveis NPS_{RMQ} registados pelo monitor estático na Matola entre 4 e 6 de Março de 2023, períodos de amostra de 15 minutos

Os espectros de frequência de amostras de ruído subaquático no monitor estático como espectros de 1/3 da banda de oitava, são ilustrados na figura 4-2. Este gráfico mostra a frequência sonora do ruído durante a maré alta, a maré baixa e um evento mais ruidoso, nomeadamente a passagem de um barco no canal. É provável que as fontes naturais de ruído sejam a causa do aumento do ruído, devido à frequência com que ocorrem a meio da noite. O aumento súbito do ruído, que pode ser observado por volta da meia-noite e meio-dia, ocorre pouco depois da maré baixa. Os movimentos de grandes embarcações (isto é, graneleiros) foram irregulares, da ordem de um por dia. Os barcos de pesca eram do tipo barco a remos, comuns, e sem motores (portanto, efectivamente sem ruído).

Os espectros detalhados de todo o período de 48 horas são fornecidos no Apêndice A, no qual os eventos são claramente visíveis, e com maior detalhe.

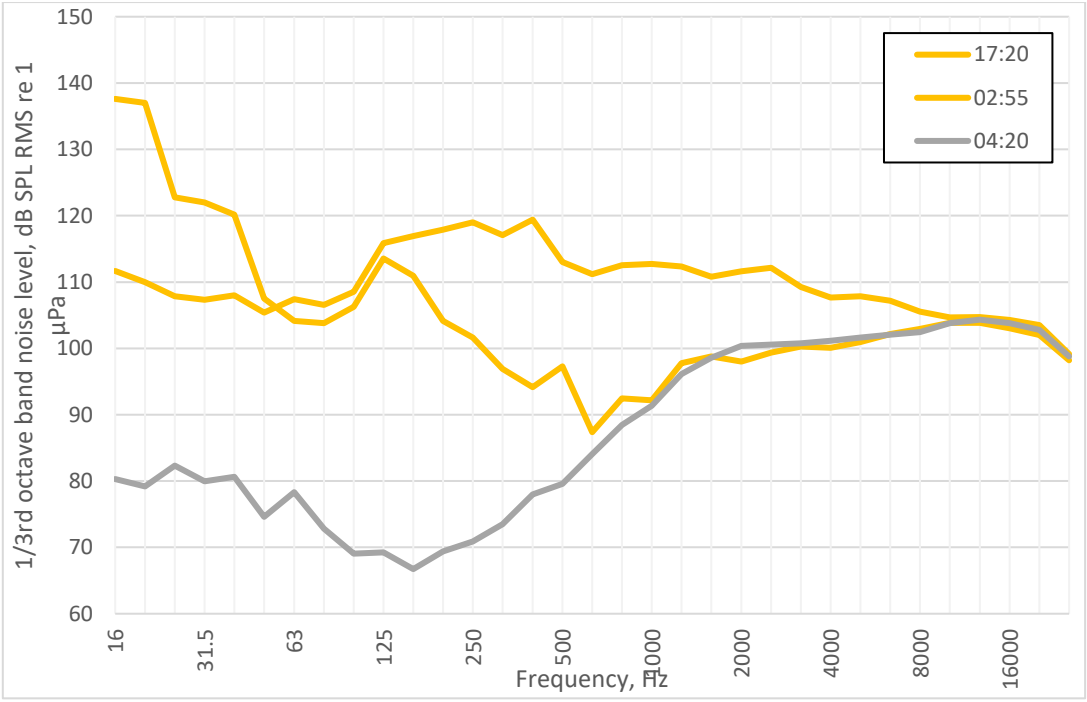


Figura 4-2 - Gráfico de frequência de 1/3 da banda de oitava de um período de amostragem de 15 minutos no monitor estático a 4 de Março, 17:20, passagem da embarcação; 5 de Março, 02:55, aumento do ruído do fluxo da maré; 5 de Março, 04:20, silêncio relativo

4.3. Monitorização assistida a partir de embarcações

A tabela 4-apresenta os valores mínimo, máximo e médio do NPS_{RMQ} das amostras recolhidas em cada local para as medições efectuadas. Um resumo mais detalhado com divisões para cada dia é fornecido no Apêndice D

Tabela 4-3 O máximo, mínimo e média dos níveis NPS_{RMQ} médios registados em cada local durante todos os dias do inquérito em torno do Porto da Matola, entre 4 e 6 de Março

Localização	NPS_{RMQ} (dB re 1 µPa)		
	Min	Média	Max
Perto da CTF	105.1	121.7	141.3
1	114.1	118.7	122.5
2	104.4	108.6	114.9
3	112	118	125.8
4	112.3	116.3	125.1
5	126.2	127.0	127.6
6	109.2	115.8	126.4
7	126.4	134.3	143.4
8	130.4	131.6	132.6
9	126.6	127.8	128.9
10	134.2	135.3	136.7

Os níveis médios de ruido mais elevados foram registados em locais que se estendem para mar aberto, em direcção à Baía de Maputo. Os níveis de ruído mais baixos verificaram-se em locais abrigados, afastados das grandes embarcações ou do canal dragado através do rio até aos cais nos portos da região

O ruído durante o levantamento foi gerado por uma combinação de estalidos de origem biológica e movimento de água com as marés.

A Figura 4-3 mostra claramente a redução dos níveis de ruído, desde os pontos mais próximos das embarcações atracadas (por exemplo, os pontos 5 e 7), passando pelos pontos situados em zonas mais abrigadas do porto (por exemplo, o ponto 6), até aos níveis mais baixos registados nos pontos mais distantes dos portos (por exemplo, os pontos 1 a 4). É provável que haja outras influências na baía, incluindo potencialmente as cordas de mexilhão e outra vida marinha que possa estar nas suas proximidades. Seria de esperar que algumas partes da baía tivessem naturalmente maiores concentrações de peixes, crustáceos, etc. do que outras. Os níveis de ruído mais próximos das águas abertas (8-10) foram geralmente mais elevados

Os níveis de ruído nas imediações da CTF variaram bastante, em grande parte devido à profundidade no local exacto e ao estado de maré e às "bolsas" de populações de camarão ou outros animais selvagens geradores de ruído.

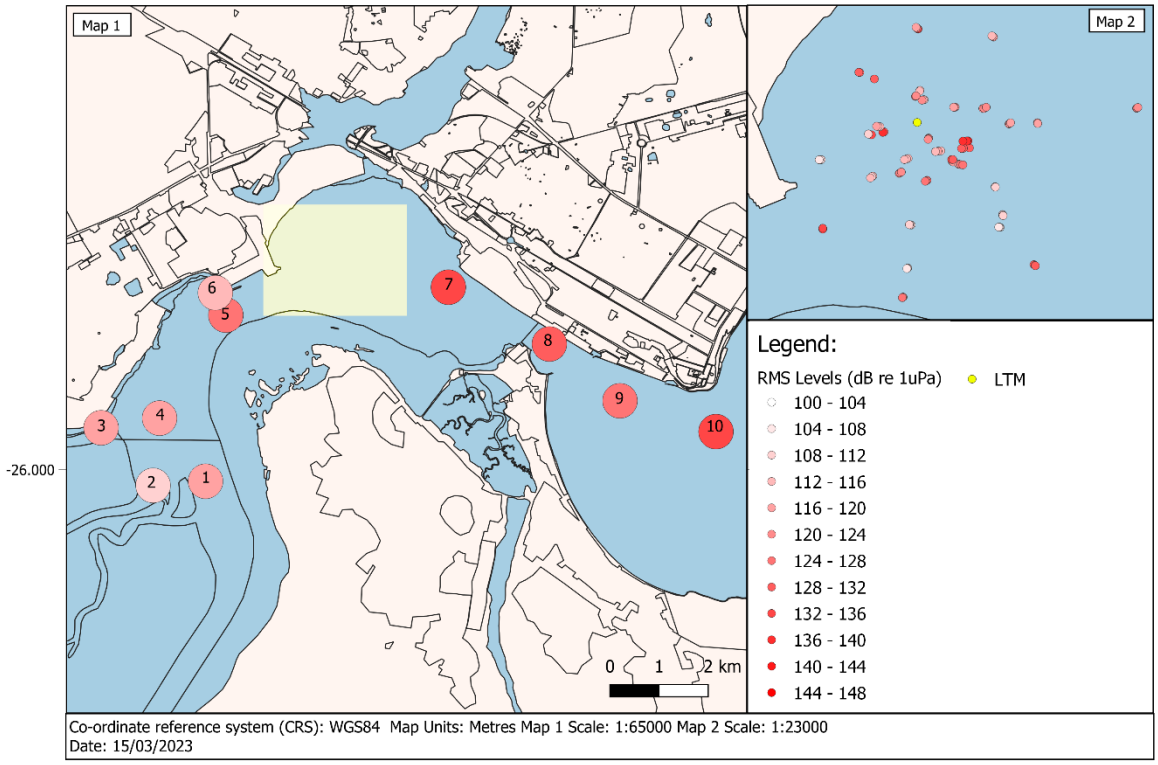


Figura 4-3 - Níveis médios dB NPS_{RMQ} das medições assistidas na Matola entre 4 e 6 de Março de 2022. Mapa 1: Níveis SPLRMS a partir de medições em águas abertas. Mapa 2: Níveis NPS_{RMQ} a partir do local da CTF. QGIS Shapefile Fonte: http://download.geofabrik.de/

4.4. Monitorização das vibrações

Foram realizadas medições de referência da vibração ambiental em vários pontos ao redor da localização proposta para a CTF, como mostrado na Figura 3-4. A maioria das amostras de vibração foram recolhidas num raio de aproximadamente 500 m deste local, com a excepção de uma no canal dragado.

na ausência de fontes significativas de vibração na zona, os níveis de vibração mantêm-se muito baixos, registando-se nos três eixos (no sentido do fluxo da água, transversalmente ao rio e na vertical) uma velocidade de pico das partículas (VPP) inferior a 0,1 mm/s.

5. RUÍDO SUBAQUÁTICO MEDIDO EM SEKONDI, GANA

A fim de fornecer uma indicação do nível de ruído que seria de esperar em Moçambique após a instalação de uma nova CTF, foram feitas medições de outra grande CTF que já está operacional. No Gana, existe um projecto deste tipo.

A CTF Karadeniz Osman Khan é uma central de 470 MW de capacidade da classe Khan, actualmente instalada na Base Naval de Sekondi, no Gana. A CTF tem 24 motores a gás, cada um com capacidade para produzir 18,3 MW de electricidade. Este modelo é maior do que o proposto para a Matola (420 MW no máximo) e, portanto, poderia representar um caso pior (embora as medições só pudessem ser feitas até 420 MW no Gana).

Foi realizado um levantamento do ruído subaquático para medir o ruído produzido na água pelas instalações operacionais a bordo da CTF.



Figura 5-1 - Imagem de satélite de CTF Osman Khan no Gana, © Google Earth

Tanto o Osman Khan como a CTF proposta para ser instalada no Porto de Matola têm dispositivos de atenuação de ruído incorporados que limitam a fuga do ruído aéreo e subaquático do central. Os suportes anti-vibração são instalados em motores e alternadores, e as máquinas rotativas (por exemplo, compressores de ar e bombas) são concebidas com suportes de isolamento resilientes. Estes restringem a passagem do ruído transmitido pela estrutura da maquinaria para dentro e para fora do casco, o que constituirá a principal fonte de transmissão de ruído para a água circundante. As condutas de gases de escape incluem silenciadores para reduzir a emissão de ruído. Os métodos integrados de mitigação minimizarão o ruído ambiental produzido pela CTF.

O ruído subaquático foi medido utilizando duas técnicas, semelhantes, em termos de procedimento, às medições de referência realizadas na Matola. A primeira técnica utilizada foi a monitorização estática, na qual foi instalado um único monitor de longo prazo que registou dados de forma contínua durante todo o período do estudo, a partir de uma única posição adequada, sem ser influenciado pelo ruído proveniente de outras embarcações atracadas. A segunda técnica consistiu numa monitorização assistida, em que foram realizadas medições em vários pontos de receção ao redor do porto da Base Naval de Sekondi, utilizando um sistema de

medição móvel a bordo de uma embarcação, no qual os níveis de ruído subaquático foram amostrados a várias distâncias, posições e potências da Central, tanto em linha com o casco do navio como afastando-se do mesmo.

O leito marinho em Sekondi era predominantemente duro e rochoso, ao contrário do sedimento de lama macia da Matola. Isto levará a níveis de ruído mais elevados medidos em Sekondi, uma vez que a lama macia tem propriedades de absorção acústica. Isto, juntamente com a maior capacidade de geração do navio em Sekondi, conduzirá a uma comparação do pior caso com o ruído do navio na Matola.

5.1. Monitorização estática

5.1.1. Equipamento

- Hidrofone: OceanSonics icListen SB2 digital hydrophone s/n: 1433
- Sensibilidade: -169,0 dB re. 1V/µPa
- Taxa de amostragem: 128 kHz
- Profundidade - bits : 24 bit
- Gravação: Formato WAV contínuo sem compressão

5.1.2. Procedimento

O monitor estático foi instalado dentro da Base Naval de Sekondi a cerca de 80 m do centro (lado) da CTF. O local foi seleccionado para medir as variações de ruído provenientes do casco ao lado do navio, à medida que as condições de funcionamento (potência de saída) mudavam.

O monitor estático foi amarrado ao fundo do mar através de uma amarração de linha única e flutuava a cerca de 2 m acima do fundo do mar, para reduzir a influência de quaisquer reflexões sonoras provenientes da superfície ou do fundo do mar.

A monitorização foi realizada utilizando um hidrofone de alta sensibilidade adequado para a medição dos níveis de ruído de fundo neste ambiente. O transdutor utilizado no monitor estático foi um hidrofone digital ruído OceanSonics icListen SB2 de baixo ruído, o mesmo que foi utilizado para a monitorização de referência em Moçambique. Esta estação de medição recolheu amostras continuamente durante um período de aproximadamente 72 horas dia e noite. Esta monitorização contínua permite uma comparação dos níveis de ruído durante diferentes níveis de produção de energia pela CTF.

5.1.3. Condições e resultados da medição estática

O monitor estático de ruído subaquático realizou medições contínuas desde a sua instalação, na manhã de 3 de setembro, até à manhã de 6 de setembro de 2022. Os resultados deste monitoramento são apresentados na Figura 5-2.

O gráfico da Figura 5-2 mostra a variação do ruído ao longo do tempo, representada em paralelo com a potência de saída da CTF em intervalos de 15 minutos. As alterações no nível sonoro correspondem claramente à variação na carga da CTF.

Uma análise mais detalhada dos valores mostra que a emissão de ruído responde de forma muito próxima ao princípio acústico padrão de que uma duplicação da potência do principal gerador do som (neste caso, a potência de saída em MW dos motores geradores) aumentará a emissão sonora em cerca de 3 dB, e de forma semelhante, uma redução para metade da potência de geração reduzirá a emissão sonora em cerca de 3 dB (ver a primeira equação na secção 2.1).

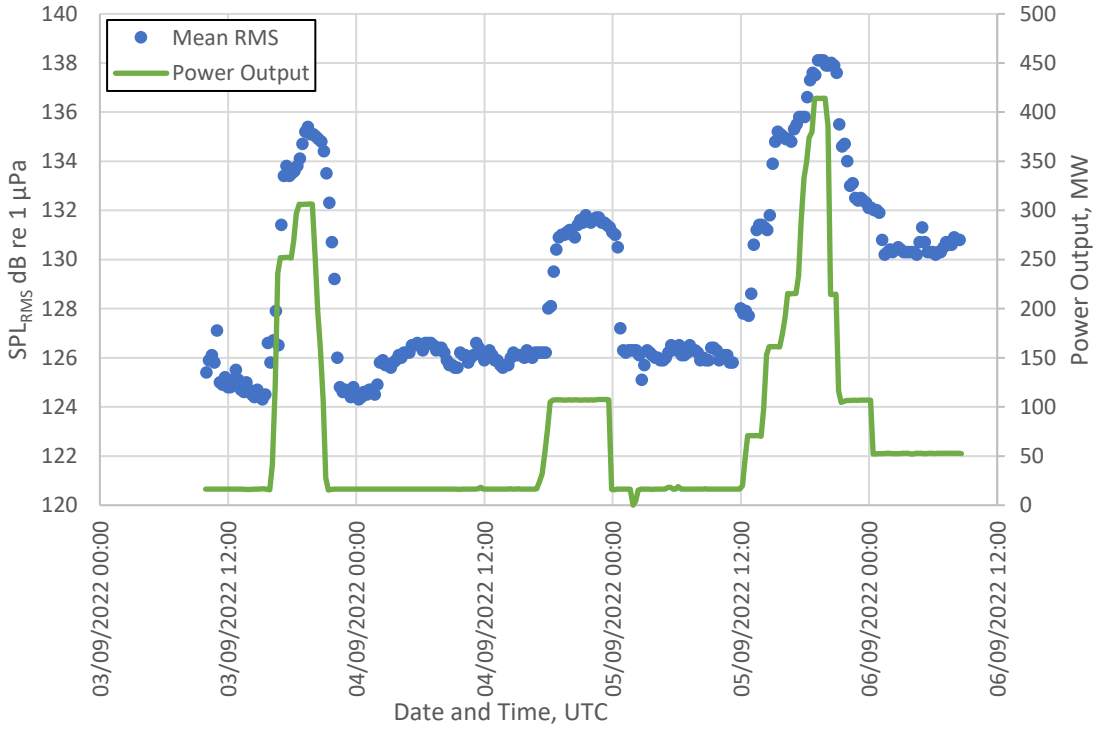


Figura 5-2 - Níveis médios de ruído NPS_{RMQ} medidos e registados pelo monitor estático e potência de saída da CTF durante o mesmo período de tempo

Para demonstrar isto, às 12h00 de 4 de setembro o nível de ruído medido era de aproximadamente 126 dB NPS_{RMQ} a uma potência de 16,6 MW. Pouco tempo depois, a potência de saída aumentou para 107 MW, um múltiplo de 6,5. A teoria acústica prevê um aumento de 8 dB [10*log(6,5)], enquanto o aumento real é de aproximadamente 6 dB, um valor notavelmente próximo. (O aumento maior no início da monitorização é previsto em 12,6 dB, contra um aumento medido de 10,7 dB).

O aumento do ruído medido, ligeiramente inferior, deve-se provavelmente ao facto de o monitor estar relativamente próximo do navio, com muitos dos motores (ou seja, os mais próximos da proa e da popa) significativamente mais distantes do local de monitorização no navio de 300 m, contribuindo assim de forma relativamente menor para o ruído global do que a potência nominal por si só sugeriria. spera-se que a previsão se aproxime ainda mais da expectativa teórica se o local de medição estiver mais afastado do navio, no interior do porto (estando assim cada motor a uma distância semelhante da posição de medição), o que é relevante para as previsões apresentadas mais adiante neste relatório (ver secção 7).

5.2. Monitorização assistida a partir de embracações

5.2.1. Equipamento

- Hidrofone: Resson TC4014 s/n: 4005034
- Sensibilidade: -185,5 dB re. 1V/µPa
- Pré-amplificador: Amplificador de 4 canais Subacoustech
- DAQ: Instrumentos Nacionais USB-6216
- Gravação: 10 segundos amostras - Subacoustech formato SUB não comprimido.

5.2.2. Procedimento

Os consultores especializados em acústica da Subacoustech realizaram um levantamento com pessoal a bordo de um navio de pesquisa. Foram efetuadas uma série de medições pontuais em vários pontos ao redor da CTF, bem como fora da parede do porto, em direcção ao mar aberto.

As medições pontuais foram realizadas ao longo de uma série de linhas a distâncias variávies seleccionadas da CTF. As medições foram feitas em vários locais (mínimo de três pontos distribuídos) a 50, 100, 200 e 400 m de distância do casco, no interior do porto, e a 720 m numa condição de operação. A mesma metodologia foi aplicada fora da parede do porto a 120 m e 200 m de distância do casco, e 850 m numa condição de operação. Não foi possível recolher amostras mais perto do navio do que estas distâncias fora do porto, devido às dimensões da própria parede do porto. O maior número de medições foi realizado de forma a concentrar-se no período em que a CTF estava a operar com a potência máxima.

5.2.3. Condições e resultados das medições baseadas em Navios

Foram registadas medições pontuais durante diferentes condições de funcionamento da CTF em linhas de distância fixa. A figura 5-3 mostra os níveis de ruído subaquático calculados como média em cada linha, registados quando o navio estava a produzir energia com um motor (aproximadamente 18 MW), 14 motores (250 MW) e 23 motores (420 MW). O cenário de geração com um único motor utilizava o motor 24, localizado no extremo sudeste da CTF. Todas as medições são valores logarítmicos médios em decibéis NPS_{RMQ} em relação a 1 µPa.



Figura 5-3 - Média das medições de ruído subaquático amostradas ao longo de linhas na CTF Osman Khan no Gana sob várias condições operacionais

Estas medições revelam uma audibilidade clara da CTF no interior do porto. O aumento da potência da CTF teve um efeito directo no ruído medido, que se atenuou com a distância em relação ao navio dentro do porto. O nível de ruído medido na extremidade do navio, na entrada do porto, foi significativamente inferior ao registado à mesma distância na lateral. Ao ouvir subjectivamente o ruído atrás do cais (ou seja, a nordeste) em tempo real, a própria CTF não parecia audível mesmo à distância mais próxima, e os níveis de ruído relativamente elevados

foram produzidos pelo som do que se acredita ser camarão *snapping*, especialmente perto do quebra-mar, o que é comum em águas pouco profundas. Isto também foi observado no porto, onde o ruído do camarão aumentou perto das margens do porto.

A Figura 5.4 mostra os espectros de frequência medidos em ambos os lados do cais, a distâncias aproximadamente iguais, com a CTF a operar na potência máxima disponível. Embora o ruído junto à CTF no porto fosse a única fonte de ruído audível, do outro lado da parede do porto o espectro de frequência apresenta características diferentes, demonstrando um tipo diferente de ruído.

Com base nisto, o ruído proveniente de fontes no interior do porto não parece afectar o ambiente subaquático do outro lado da barreira da parede do porto. Assim, considera-se que a parede do porto é eficaz na redução significativa da transmissão de ruído.

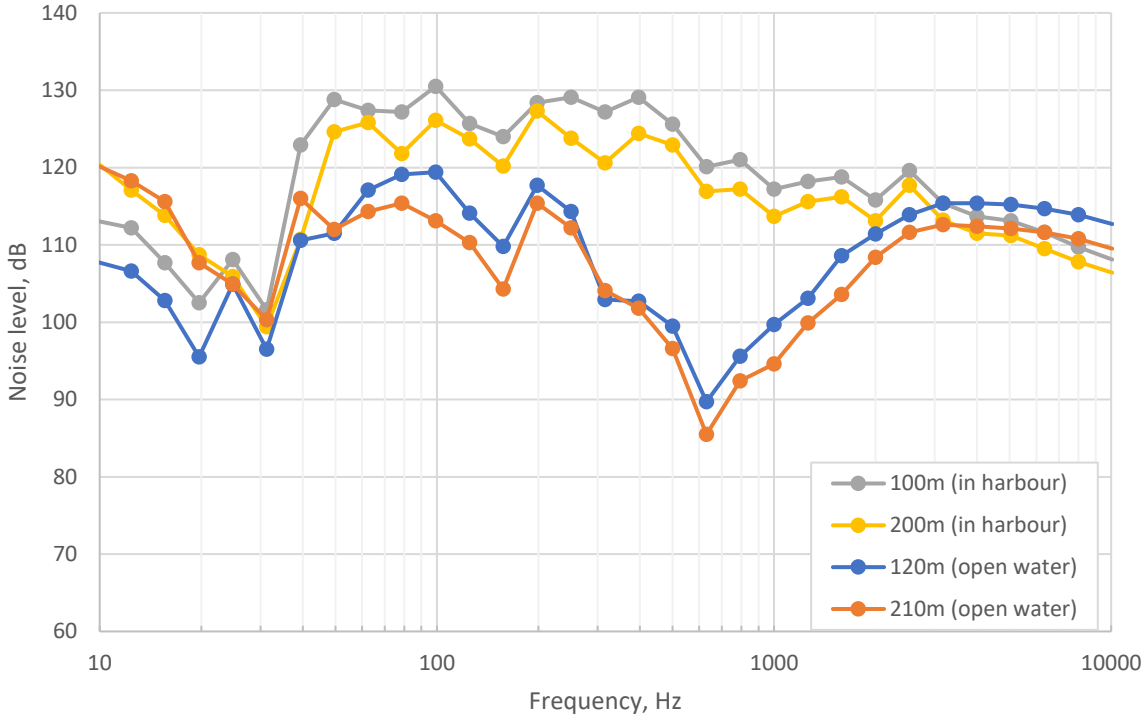


Figura 5-4 - Espectros de frequência para ruído subaquático medido dentro e fora do porto

A concepção do porto no Gana, juntamente com a profundidade da água e as condições ambientais, terão impacto na forma como o ruído se propaga para longe da CTF. Como tal, é de esperar alguma variação num ambiente portuário diferente. No entanto, considera-se que isto conduz ao pior cenário possível para a situação que se verificaria no porto de Matola, incluindo as águas mais profundas e a zona circundante (paredes rígidas num porto parcialmente fechado) no Gana, e os sedimentos de lama macia em Matola. Estes aspetos serão analisados por ordem a seguir.

A profundidade da água no Gana é de cerca de 8-10 m; no Porto de Matola a profundidade é de aproximadamente 5-7 m em torno da localização da CTF. Em termos de propagação do ruído subaquático, estes locais são pouco profundos. Ao longo das distâncias em consideração, as diferenças de profundidade são insignificantes para a atenuação do ruído devido ao comprimento de onda do som e às dimensões do casco da CTF em relação à profundidade da água; no entanto, as águas menos profundas na Matola conduzirão a uma maior atenuação do som (pelo que qualquer fonte de ruído instalada ficará mais silenciosa mais rapidamente na Matola em comparação com Sekondi).

Paredes marítimas duras poderiam levar a uma condição reverberante, em que o som de uma fonte de ruído reflecte-se de uma superfície dura e interage com o campo sonoro no espaço, aumentando potencialmente os níveis de ruído. Embora a maioria das superfícies duras em redor das embarcações (especialmente o muro marinho adjacente e o quebra-mar) não sejam suficientemente lisas para levar a reflexos fortes, qualquer efeito reverberante será pequeno. Em qualquer caso, isto levaria a que os níveis de ruído fossem medidos ligeiramente mais elevados no Gana, onde o porto é mais pequeno e tem superfícies mais duras (principalmente o cais) do que no local proposto na Matola, que é muito mais aberto e o sedimento de lama macia mais absorvente. As medições no Gana são, portanto, consideradas como sendo de precaução para os dados e avaliação do ruído. Em distâncias mais longas em Moçambique (por exemplo, superiores a 1 km), a absorção do som em condições pouco profundas e suaves em torno do rio conduzirá a uma atenuação significativamente maior na prática que não é contabilizada nos cálculos da avaliação na secção seguinte. Por conseguinte, os níveis de ruído calculados, especialmente a maiores distâncias, serão provavelmente muito maiores do que os que se encontrariam no local.

A temperatura e salinidade da água afecta a velocidade do som na água e a absorção sonora da água. Em águas pouco profundas, parte-se do princípio de que a água está bem misturada, sendo insignificantes as variações de salinidade e temperatura com a profundidade. Ao longo das distâncias a considerar (menos de um quilómetro no Gana), estas terão um impacto insignificante no som, com uma variação consideravelmente inferior a 1 dB.

6. AVALIAÇÃO DOS EFEITOS AMBIENTAIS

Ao longo dos últimos 20 anos tornou-se cada vez mais evidente, a partir de investigação específicas, que o ruído proveniente de actividades humanas em ambientes subaquáticos e nas suas imediações pode ter um impacto nas espécies marinhas da região. A medida em que um som subaquático intenso pode causar impactos adversos nas espécies depende do nível de som incidente, frequência da fonte, duração da exposição, e/ou da frequência de repetição de um som impulsivo (ver, por exemplo, Hastings e Popper, 2005). Consequentemente, o interesse científico pelas capacidades auditivas das espécies aquáticas tem vindo a aumentar. Os estudos baseiam-se principalmente em evidências provenientes de fontes de ruído subaquático de alto nível, tais como explosões ou cravação de estacas por impacto, uma vez que estas fontes têm o maior impacto ambiental imediato e, por conseguinte, os efeitos observáveis mais evidentes, embora o interesse e a compreensão da exposição crónica ao ruído estejam a aumentar rapidamente.

Os principais impactos adversos do ruído subaquático sobre as espécies marinhas podem ser resumidos em termos gerais da seguinte forma:

- Lesões auditivas (permanentes ou temporárias); e
- Perturbação.

As principais métricas e critérios que foram utilizados neste estudo para ajudar na avaliação dos efeitos ambientais provêm de dois documentos-chave que cobrem o ruído subaquático e os seus efeitos na vida selvagem marinha.

- Southall et al. (2019) critérios de exposição de mamíferos marinhos; e
- Popper et al. (2014) directrizes de exposição sonora para peixes e tartarugas marinhas.

No momento da redação deste texto, é amplamente aceite entre os especialistas que estes incluem os critérios mais atualizados e fiáveis para a avaliação dos efeitos ambientais, a utilizar em estudos de impacto.

As secções seguintes discutem os critérios de ruído subaquático utilizados neste estudo com respeito a categorias de espécies de mamíferos marinhos e peixes presentes nas águas moçambicanas no local do Projecto.

6.1. Mamíferos marinhos

O corpo de água em torno da CTF proposta e do rio Matola não é geralmente considerado um habitat significativo de mamíferos marinhos (ASCLME, 2012). No entanto, para uma maior abrangência, os mamíferos marinhos foram incluídos na avaliação.

O documento Southall et al. (2019) é efectivamente uma actualização do documento anterior Southall et al. (2007) e fornece limiares idênticos aos do National Marine Fisheries Service (NMFS) (2018) orientações para os mamíferos marinhos.

A orientação de Southall et al. (2019) agrupa os mamíferos marinhos em grupos de espécies semelhantes e aplica filtros ao ruído não ponderado para aproximar as sensibilidades auditivas do receptor em questão. Os grupos de audição dados por Southall et al. (2019) estão resumidos no Quadro 6 -1 e na Figura 6 -1.

Southall et al. (2019) também fornece critérios individuais baseados no facto de a fonte de ruído ser considerada impulsiva ou não impulsiva. Southall et al. (2019) classificam os ruídos impulsivos como aqueles que apresentam um pico de pressão sonora elevado, curta duração, tempo de subida rápido e um amplo espectro de frequências na fonte, e as fontes não impulsivas como ruído em estado estacionário. Um ruído não impulsivo, frequentement vezes contínuo, não tem necessariamente de ter uma longa duração. Como todas as fontes de ruído para este projecto são de tipo não impulsivo, os critérios de ruído impulsivo não serão considerados.

Tabela 6-1 Grupos de audição de mamíferos marinhos (de Southall et al., 2019)

Grupo de audição	Gama de audição generalizada	Exemplos de espécies
Cetáceos de baixa frequência (BF)	7 Hz to 35 kHz	Baleias de barbas (por exemplo, baleia-jubarte, baleia-franca-austral, baleia-de-Bryde)
Cetáceos de alta-frequência (AF)	150 Hz to 160 kHz	Golfinhos, golfinhos dentados, golfinhos-bicudos, baleias-nariz-de-garrafa (golfinho-de-Heaviside, golfinho-escuro)
Cetáceos de muito alta frequência (MAF)	275 Hz to 160 kHz	Toninhas verdadeiras (incluindo a toninha-comum) (nenhuma)
Focas Carnívoras na água (CFA)	50 Hz to 86 kHz	Focas verdadeiras (não residentes ou semi-residentes)
Otariídeos e outros carnívoros na água (OCA)	60 Hz to 39 kHz	Focas-de-pêlo e leões-marinhos, lontras (foca-do-cabo)

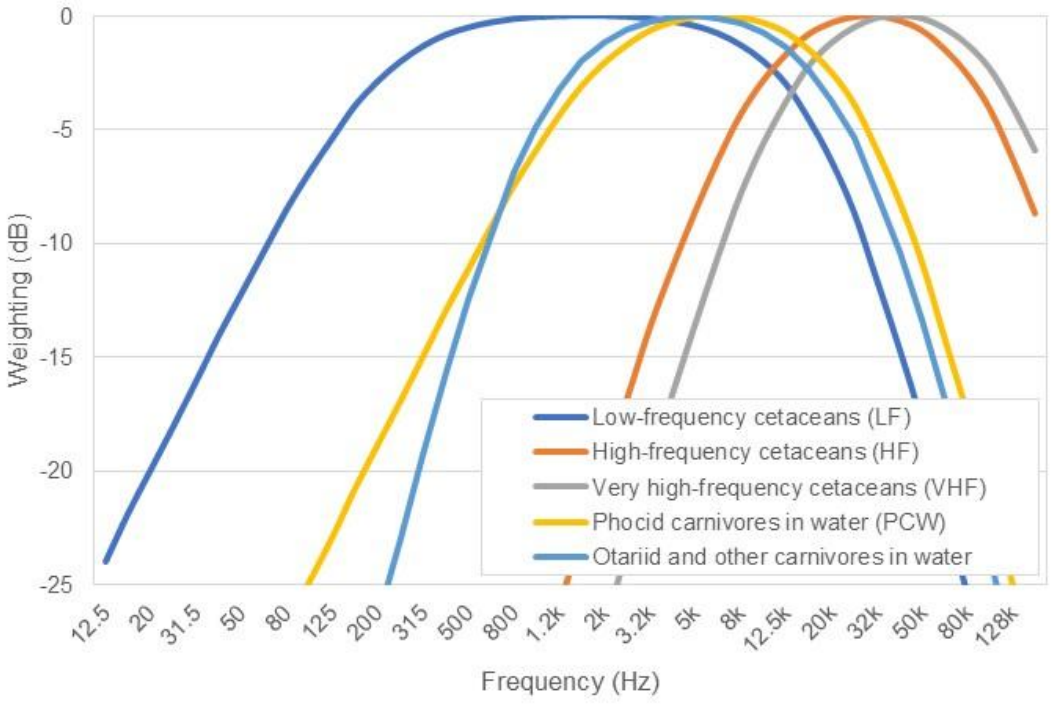


Figura 6-1 Funções de ponderação auditiva para cetáceos de baixa frequência (BF), cetáceos de alta frequência (AF), cetáceos de muito alta frequência (MAF), carnívoros fócides na água (CFA), e outros carnívoros (inc. otariidae) na água (de Southall et al., 2019)

Southall et al. (2019) apresentam critérios de pico não ponderado para um único impacto (NPS_{pico}) e critérios de exposição sonora ponderada cumulativa (NES_{cum}, ou seja, que podem incluir a exposição acumulada de múltiplos impulsos) tanto para a alteração permanente do limiar (APL), em que podem ocorrer danos auditivos irreversiveis (mas incrementais), como para a Alteração Temporária do Limiar (ATL), em que pode ocorrer uma redução temporária da sensibilidade auditiva em receptores individuais.

Tabela 6-2 Critérios NES_{cum} não impulsivos para APL e ATL em mamíferos marinhos (Southall et al., 2019)

Southall *et al*. (2019)	NES_{cum} ponderado (dB re 1 μPa^2s)	
	Não-impulsivo	
	APL	ATL
Cetáceos de baixa frequência (BF)	199	179
Cetáceos de alta-frequência (AF)	198	178
Cetáceos de muito alta frequência (MAF)	173	153
Focas Carnívoras na água (FCA)	201	181
Outros carnívoros na água (OCA)	219	199

Nos casos em que são exigidos limites de exposição NES_{cum}, utiliza-se normalmente um modelo de animal em movimento para os mamíferos marinhos. Este modelo parte do princípio de que um receptor, quando exposto a níveis de ruído elevados, nadará para longe da fonte de ruído. Não é possível garantir que as fontes de ruído contínuo provoquem essa reação numa espécie, embora seja altamente improvável que uma espécie permaneça imóvel durante todo o período, junto a um navio. No entanto, este pressuposto será utilizado como o pior cenário possível.

6.2. Peixes

6.2.1. Critérios de impacto do ruído

O grande número e a diversidade das espécies de peixe representam um desafio acrescido na elaboração de um conjunto genérico de critérios para a avaliação dos impactos do ruído. Enquanto estudos anteriores aplicaram critérios amplos baseados em estudos limitados de peixes que não estão presentes nas águas relevantes para um determinado país (por exemplo, McCauley et al., 2000) ou em dados de medição não destinados a serem utilizados como critérios (Hawkins et al., 2014), a publicação de Popper et al. (2014) fornece um resumo fidedigno da investigação e directrizes relativas à exposição dos peixes ao som e utiliza categorias de peixes o representativas das espécies gerais de peixe em geral, de acordo com a sua anatomia. Isto inclui também as tartarugas marinhas.

O estudo de Popper et al. (2014) agrupa as espécies de peixes consoante possuam ou não uma bexiga natatória e se esta está envolvida na sua audição; está também incluído um grupo dedicado aos ovos e larvas de peixes. As orientações fornecem ainda critérios específicos (sob a forma de valores NPS_{rmq} não ponderados) para o transporte marítimo e fontes contínuas de ruído, com base na investigação disponível. Estes estão resumidos na tabela 6-3.

Tabela 6-3 Critérios para determinar lesões recuperáveis e ATL em espécies de peixes expostas a fontes de ruído contínuo (Popper et al., 2014)

Tipo de animal	Deficiência	
	Lesão recuperável	ATL
Peixes: bexiga natatória envolvida na audição	170 dB NPS_{RMQ} for 48 hrs	158 dB NPS_{RMQ} for 12 hrs

Nos casos em que os dados disponíveis são insuficientes, Popper et al. (2014) apresentam também critérios qualitativos que resumem o efeito do ruído como sendo elevado, moderado ou baixo num indivíduo, quer no campo próximo (dezenas de metros), no campo intermédio (centenas de metros), quer no campo distante

(milhares de metros). Estes efeitos qualitativos são reproduzidos na tabela 6-4; não é feita qualquer distinção quanto à idade dos peixes para este tipo de ruído.

Tabela 6-4 Resumo dos efeitos qualitativos nos peixes decorrentes do ruído contínuo proveniente de Popper et al. (2014) (N = campo próximo; I = campo intermédio; F = campo distante)

Tipo de animal	**Mortalidade e potencial lesão mortal**	**Deficiência**			**Comportamento**
		Lesão recuperável	**ATL**	**Mascaramento** [18]	
Peixe: sem bexiga natatória	(N) baixo (I) baixo (F) baixo	(N) baixo (I) baixo (F) baixo	(N) Moderado (I) Baixo (F) Baixo	(N) Alto (I) Alto (F) Moderado	(N) Moderado (I) Moderado (F) Baixo
Peixe: a bexiga natatória não está envolvida na audição	(N) baixo (I) baixo (F) baixo	(N) baixo (I) baixo (F) baixo	(N) Moderado (I) Baixo (F) Baixo	(N) Alto (I) Alto (F) Moderado	(N) Moderado (I) Moderado (F) Baixo
Peixes: bexiga natatória envolvida na audição	(N) baixo (I) baixo (F) baixo	Ver **Error! Reference source not found.**	Ver **Error! Reference source not found.**	(N) Alto (I) Alto (F) Alto	(N) Alto (I) Moderado (F) Baixo
Tartarugas marinhas	(N) baixo (I) baixo (F) baixo	((N) baixo (I) baixo (F) baixo	((N) Moderado (I) Baixo (F) Baixo	(N) Alto (I) Alto (F) Moderado	(N) High (I) Moderate (F) Low
Ovos e larvas	(N) baixo (I) baixo (F) baixo	(N) baixo (I) baixo (F) baixo	(N) baixo (I) baixo (F) baixo	(N) Alto (I) Moderado (F) Baixo	(N) Moderado (I) Moderado (F) Baixo

Embora a maioria das espécies seja susceptível de se afastar de um som suficientemente alto para causar danos (Dahl et al., 2015; Popper et al., 2014), algumas podem procurar protecção no sedimento e outras podem mergulhar mais fundo na coluna de água.

[18] O mascaramento é a incapacidade de uma espécie ouvir um som devido ao nível relativamente elevado de outra fonte de ruído.

6.2.2. Vibração

O termo "vibração" é frequentemente utilizado juntamente com "ruído" e, neste contexto, refere-se geralmente ao movimento rápido de uma superfície. Em referência a este projecto, a vibração poderia referir-se ao movimento do casco do navio na água, que por sua vez actua como um radiador de som para gerar o ruído na água circundante, da mesma forma que um altifalante vibra para gerar o som no ar. O leito do rio em redor do navio pode vir a vibrar, quer devido ao ruído proveniente do casco do navio, que se propaga como descrito acima, quer devido à vibração transmitida pelas correntes de amarração. Atualmente, não existem dados sobre este assunto, nem foram estabelecidos critérios adequados relativos ao impacto da vibração, embora tenha sido determinada uma referência (ver secção 4.4).

A avaliação centrar-se-á, portanto, no ruído transmitido pela água.

6.2.3. Movimento de partículas

Todos os critérios definidos na secção anterior definem os impactos do ruído nos peixes em termos de pressão sonora ou funções associadas à pressão sonora (ou seja, NES). Foi identificado por investigadores (por exemplo, Popper e Hawkins, 2019; Nedelec et al., 2016; Radford et al., 2012) que muitas espécies de peixes, bem como invertebrados, detectam de facto o movimento das partículas em vez da pressão acústica. O movimento de partícula descreve o movimento de vaivém de um 'elemento' teórico de água, substrato ou outros meios à medida que uma onda sonora passa, ou o próprio corpo do peixe, em vez da pressão causada pela acção da força criada por este movimento. O movimento das partículas é geralmente definido em referência à velocidade da partícula (frequentemente uma velocidade máxima da partícula, VPP), mas, por vezes, é utilizada a aceleração ou deslocamento da partícula. Note-se que as espécies da categoria "Peixes: bexiga natatória envolvida na audição", as espécies mais sensíveis ao ruído, são sensíveis à pressão sonora.

Popper e Hawkins (2018) afirmam que na derivação dos critérios baseados na pressão sonora apresentados em Popper et al. (2014) pode ter sido o movimento das partículas não medido, detectado pelos peixes, ao qual estes estavam a reagir: existe uma relação entre o movimento das partículas e a pressão sonora num meio. Esta relação é muito difícil de definir onde o campo sonoro é complexo, como por exemplo perto da fonte de ruído ou onde existem múltiplas reflexões da onda sonora em águas pouco profundas. Mesmo estes termos "pouco profundo" e "perto" não têm definições simples.

A principal razão para a utilização continuada da pressão sonora (NPS/NES) como cirtério, apesar do movimento de partículas parecer ser a medida física à qual tantos peixes reagem ou são sensíveis, é a falta de dados (Popper e Hawkins, 2018) tanto no que diz respeito às previsões do nível de movimento de partículas como consequência de uma fonte de ruído, tal como a cravação de estacas, como à falta de conhecimento da sensibilidade de um peixe, ou de uma categoria mais ampla de peixes, a um valor de movimento de partículas. Continuam existir apelos para a realização de investigação adicional sobre os níveis e efeitos em relação aos níveis de movimento das partículas. Até que estejam disponíveis dados suficientes para permitir a revisão dos limiares com base na métrica do movimento de partículas, Popper e Hawkins (2019) afirmam que "recomendamos, tal como os nossos colegas na Suécia (Andersson et al., 2017), que os critérios propostos por Popper et al. (2014) devem ser utilizados". O foco da avaliação para o peixe será, portanto, baseado nos critérios de Popper et al. (2014), tal como descritos na secção 6.2.1

7. IMPACTO SONORO DA CTF EM TORNO DO PORTO DA MATOLA

7.1. Níveis de ruído do navio a instalar no porto de Matola

Está prevista a instalação de uma embarcação, a CTF, no Porto da Matola. Os detalhes da CTF são os seguintes:

- Central Termoeléctrica Flutuante:
    - Uma CTF com 21 motores alternativos e dois geradores de vapor (capacidade instalada de 415 MW)

Na maior parte do dia, a produção esperada será inferior a 100%.

A fim de calcular os efeitos do ruído subaquático no Porto de Matola a partir da introdução da CTF, os níveis de ruído medidos a partir da CTF foram sobrepostos ao ruído de referência medido em torno do Porto para calcular um aumento potencial.

Durante os cálculos, presumiu-se que a CTF estará a funcionar com a potência máxima de 420 MW, tal como medida directamente no Gana. Esta é uma hipótese do pior caso, tal como acima referido.

Todos os níveis de ruído calculados baseiam-se na distância entre cada fonte e a posição do recetor em questão. As atenuações baseiam-se nas medições realizadas diretamente no Gana, quando disponíveis, ou na melhor aproximação a partir das medições a 420 MW (atenuação geométrica de aproximadamente 14.log(R)).

Os níveis de ruído calculados com a CTF são apresentados na Figura 7-1. Todos os valores de ruído em decibéis na Figura 7-1 abaixo, são combinados através de uma simples adição logarítmica, em que o ruído contribuinte adicionado ao ruído de base iguala aos níveis combinados totais, por exemplo (pela CTF) 119,0 dB + 127,0 dB = 127,6 dB. Em termos simples, a adição de um ruído relativamente baixo a um ruído existente mais elevado não conduz a um aumento significativo do ruído global.

O efeito do ruído proveniente do Projecto em qualquer ponto do rio a oeste do Porto da Matola ou a leste do Porto de Maputo será insignificante; tal como descrito na secção 5.2.3, prevê-se que os cálculos a distâncias maiores resultem em valores muito superiores aos que se verificarão na prática, uma vez que não é tido em conta o efeito de absorção significativo dos sedimentos mole. Embora exista uma linha de visão a uma distância considerável da CTF, as águas rasas e o sedimento de lama macia, mesmo na maré alta, proporcionarão uma absorção e atenuação significativas do ruído. Nas águas mais profundas e num ambiente mais duro e reverberante no Gana, a CTF situava-se, em grande parte, na ordem do ruído de fundo num raio de 1 km.

Com base nas medições realizadas durante o exercício de monitorização de referência em Moçambique, é possível demonstrar que os níveis de ruído decorrentes das operações da CTF serão semelhantes aos níveis de ruído medidos no Gana nas proximidades da CTF. A monitorização estática durante 48 horas revelou níveis de ruído entre 112 dB e 141 dB, com uma média de 128 dB nas proximidades da localização roposta para a CTF. As medições realizadas nesta área revelaram uma distribuição semelhante dos resultados para os valores máximo, mínimo e médio.

O estudo ganês revelou que os níveis de ruído baixavam para 125 dB na potência máxima, a 720 m do navio. Seria de esperar que a CTF fosse audível em momentos mais calmos do dia, especialmente na potência máxima (por períodos limitados), num raio de 1-2 km. Os níveis de ruído mais elevados observados mais perto da CTF, ou seja, até 141 dB a 50 m da lateral, tal como observado a 420 MW a partir do navio ganês, ocorrem naturalmente algumas vezes por dia atualmente.

Os níveis de ruído ambiente que podem ser observados na Figura 4-3 e no Apêndice E nas proximidades da localização proposta pela CTF apresentam variações significativas, atingindo por vezes níveis superiores a 140 dB.

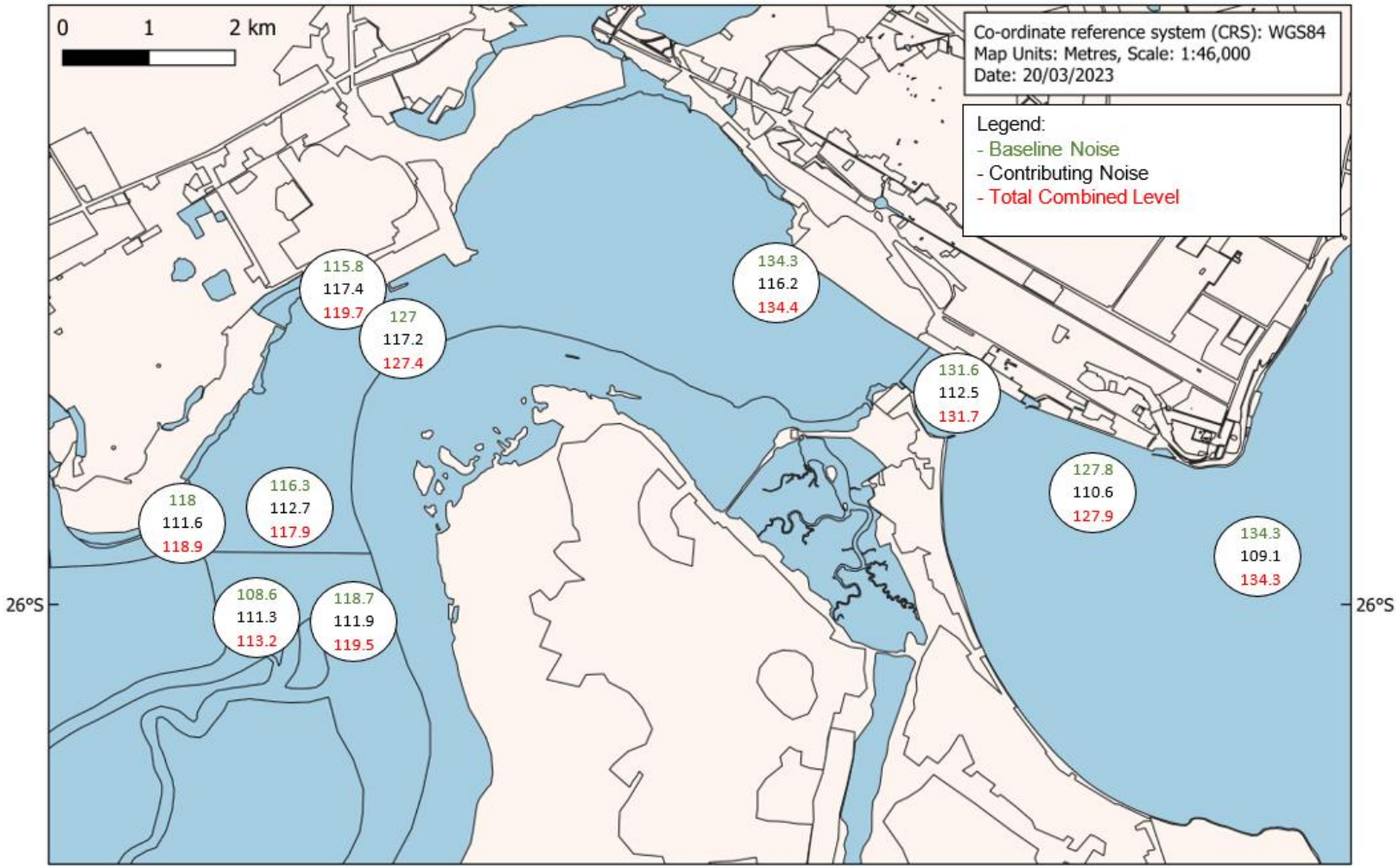


Figura 7-1 Níveis de ruído calculados com base numa introdução teórica de uma CTF. O "ruído contribuinte" é o ruído em cada local exclusivamente da CTF. "Níveis combinados totais" é o nível de ruído total no local como resultado da adição da CTFs ao nível de ruído de base existente. QGIS Shapefile Fonte: http://download.geofabrik.de/

Estes níveis de ruído são significativamente inferiores a qualquer nível de ruído que conduziria ao limiar de início da ATL mais baixo (ver as secções 7.1.1 e 7.1.2 seguintes). Por conseguinte, não se considerou vantajoso realizar uma modelação detalhada do ruído subaquático, uma vez que tal não proporcionaria qualquer informação adicional, pelo que não foi realizada. Prevê-se que aumento dos níveis de ruído fora da vizinhança imediata (ou seja, 1-2 km) nas mesmas condições seja inferior a 1 dB quando a operar na potência máxima. Não se prevê que a CTF seja audível na Baía de Matola ou nos rios a montante, a oeste.

Não foram realizados cálculos semelhantes aos da Figura 7.1 nas imediações da localização da CTF. Isto deve-se ao facto de, tal como se pode observar na Figura 4.3 e no Apêndice E, existir uma variação significativa no ruído de fundo nesta localização, e qualquer aumento do ruído de fundo resultante da CTF também irá variar devido às alterações no ruído de fundo.

7.1.1. Impacto do ruído subaquático nos mamíferos marinhos

A avaliação do impacto do ruído subaquático nos mamíferos marinhos será realizada utilizando os critérios apresentados nas directrizes de Southall et al. (2019) descritas na secção 6.1. A fim de avaliar correctamente o impacto em várias espécies, o ruído subaquático deve ser devidamente ponderado para ter em conta as diferentes sensibilidades auditivas de cada espécie.

O efeito da ponderação é mostrado na Figura 7-2 a Figura 7- 5 abaixo, utilizando como base a potência de 420 MW e o espectro de 200 m (no porto), apresentados na Figura 5.4. Cada gráfico mostra como a percepção do aria em função das sensibilidades auditivas relevantes de cada grupo de espécies.

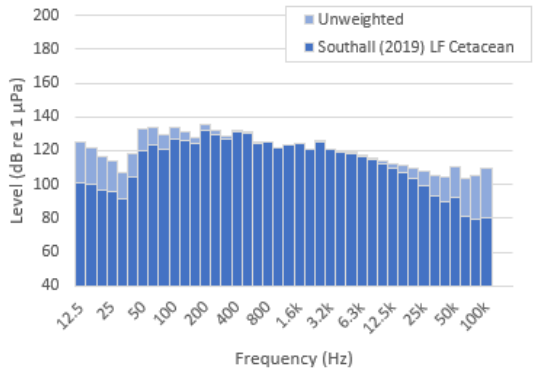


Figura 7-2 Frequência de potência com efeito de Southall et al. (2019) ponderação, Cetáceo BF

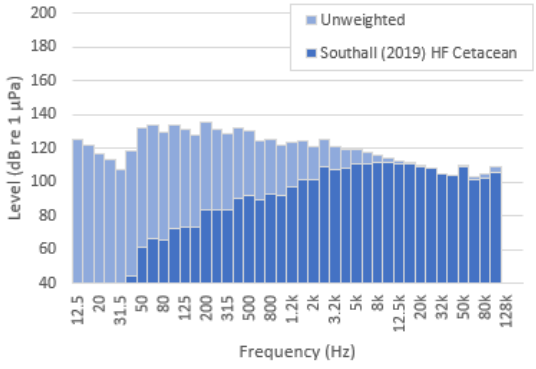


Figura 7-4 Frequência de potência com efeito de ponderação de Southall et al. (2019), cetáceo MAF

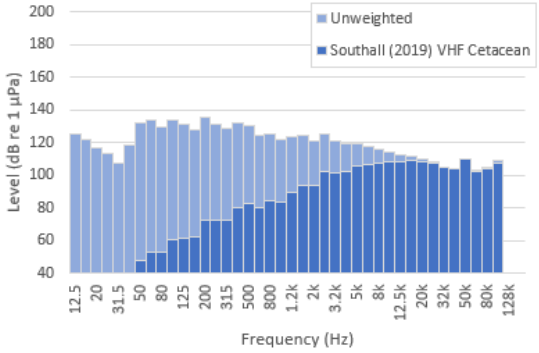


Figura 7-3 Frequência de potência com efeito de ponderação de Southall et al. (2019), Cetáceo AF

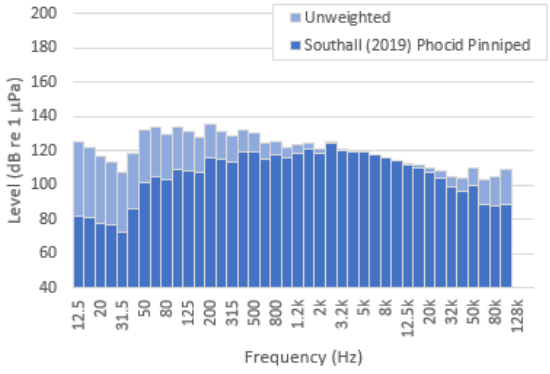


Figura 7-5 Frequência de CTF com efeito de Southall et al. (2019) ponderação, fócide pinniped

Para apresentar o pior cenário possível, partiu-se do princípio que a CTF funcionará à capacidade máxima durante 24 horas por dia; no entanto, sabe-se que a estimativa de funcionamento da CTF a plena potência no Porto de Matola é de 9 horas por dia.

Tabela 7-1 Limiares de ATL para mamíferos marinhos expostos a CTF continuamente durante 24 h/dia, com base nos limiares ATL definidos em Southall et al. (2019)

	Limiar de ATL	Intervalo para determinar o início da ATL
Cetáceos de baixa frequência (BF)	179 dB NES_{cum}	290 m
Cetáceos de alta-frequência (AF)	178 dB NES_{cum}	<50 m
Cetáceos de muito alta frequência (MAF)	153 dB NES_{cum}	700 m
Focas Carnívoras na água (FCA)	181 dB NES_{cum}	55 m
Outros carnívoros na água (OCA)	199 dB NES_{cum}	<50 m

Apenas os cetáceos de baixa frequência (baleias de barbas) e os cetáceos de VHF (toninhas) apresentam alcances de impacto calculados superiores a 200 m. No caso dos cetáceos VHF, o maior raio de ação exigiria que um indivíduo permanecesse na "linha de visão" da CTF dentro do raio acima referido durante um período completo de 24 horas para ser exposto a ruído suficiente para provocar o aparecimento de sintomas de ATL, mesmo nas condições do pior cenário descrito acima. Para provocar o aparecimento de APL, as espécies mais sensíveis (cetáceos VHF) teriam de permanecer a cerca de 25 m da CTF durante um dia inteiro sob carga máxima (muito mais perto para as outras categorias de espécies), pelo que não há qualquer expectativa razoável de que tal aconteça.

Com base no exposto, nomeadamente nos longos períodos de exposição exigidos e no funcionamento a plena potência acima da carga máxima prevista durante todo o período, não se prevê qualquer impacto sobre quaisquer espécies de mamíferos marinhos decorrente da instalação da CTF no Porto de Matola.

Uma vez que os níveis de ruído produzidos pelos navios associados a este projeto também não são substancialmente diferentes dos níveis de ruído produzidos pelos navios que utilizam habitualmente o porto, não se prevê qualquer efeito de perturbação significativo fora do âmbito normal de operação do porto, exceto se houver uma vizinhança potencialmente direta com os navios.

7.1.2. Impacto do ruído subaquático nos peixes

A avaliação do ruído subaquático nos peixes é mais simples do que para os mamíferos marinhos; com base nas Directrizes em Popper et al. (2014) (ver secção 6.2), não é aplicada nem exigida qualquer ponderação para calcular os limiares de impacto. O critério de exposição da ATL para as espécies de peixes mais sensíveis é de 158 dB NPS_{RMQ}, ao qual um peixe deve ser exposto durante 12 horas.

Os níveis de ruído calculados no Porto de Matola mostrados na Figura 7-1 não atingem este limiar em nenhuma posição. Todas as medições de ruído a qualquer distância do navio da CTF do Ghanian ficaram pelo menos 10 dB abaixo deste valor. Não se prevê qualquer risco para os peixes no Porto de Matola em resultado da instalação da CTF. Poderá ocorrer alguma perturbação nas proximidades do navio. Uma vez que o ruído é de uma ordem semelhante aos níveis de ruído encontrados ao longo do dia, isto mitigará o risco de qualquer perturbação significativa, embora se deva reconhecer que a duração do ruído do navio será muito maior. Isto poderá potencialmente levar as espécies a evitar a área próxima do navio, mas também pode levar a uma habituação que reduza a perturbação.

7.2. Mitigação

Como descrito na secção 5, a CTF proposta integra medidas de mitigação de ruído no projeto do navio, reduzindo qualquer potencial emissão de ruído proveniente das máquinas a bordo. Especificamente no que diz respeito ao controlo do ruído subaquático, isto inclui suportes anti-vibração resilientes para as máquinas, que minimizam a transferência do ruído transmitido pela estrutura para o casco e, consequentemente, a sua propagação para a água circundante. A avaliação na secção 7.1 demonstra que estas têm sido amplamente eficazes. Uma vez que não se prevê que o aumento do ruído no Porto de Matola afete significativamente a baía em geral ou as espécies de mamíferos marinhos e peixes nela existentes, não são necessários quaisquer dispositivos adicionais de mitigação do ruído no navio.

8. CONCLUSÕES

Está prevista a instalação de uma CTF no Porto de Matola, Moçambique, para apoiar o abastecimento local de eletricidade. Reconhece-se que este navio irá gerar ruído na água quando estiver em funcionamento e que o ruído subaquático poderá ter um impacto na vida marinha na área, caso atinja determinados limiares, tal como descrito neste relatório.

Foi realizada uma avaliação do impacto sonoro para identificar quaisquer riscos significativos decorrentes do ruído subaquático que possam surgir devido a este Projecto. Para apoiar neste processo, foi realizado um levantamento de referência do ruído no Porto de Matola, que identificou os níveis de ruído a que a zona portuária e as suas imediações estão expostas.

Os resultados desta avaliação mostram que após a instalação da CTF, mesmo com a CTF a funcionar ligeiramente acima da potência máxima proposta para o Porto da Matola (420 MW vs 415 MW do projecto da Matola), o ruído de fundo aumentaria em aproximadamente 9 dB acima do ruído de fundo médio a 100 m da CTF, conforme medido durante um período de 48 horas. Isto equivale a um nível de ruído de 137,4 dB NPS_{RMQ} re 1 µPa num ruído de fundo médio de 128 dB.

Durante a maior parte do tempo, a potência de saída será muito inferior a este valor e o ruído também será menor. No entanto, o ruído de fundo caiu frequentemente para 112-115 dB, tanto de dia como de noite, pelo que ainda se prevê ainda que haja algum ruído audível nas proximidades da CTF. Contudo, mesmo com a potência máxima, espera-se que este ruído diminua para níveis semelhantes aos do ruído de fundo para além dos portos da Matola e de Maputo, graças ao efeito atenuante dos sedimentos macios.

Qualquer risco para os mamíferos marinhos ou peixes, de acordo com as directrizes de Southall et al. (2019) e Popper et al. (2014), será insignificante. O efeito de menor gravidade definido nas directrizes, a Alteração Temporária do Limiar (ATL), só ocorreria se os mamíferos marinhos das espécies mais sensíveis (cetáceos MAF, ou seja, botos) permanecessem a menos de 700 m da CTF a operar na capacidade máxima durante 24 horas completas. É altamente improvável que esta condição de presença prolongada de mamíferos marinhos perto dos navios no porto e com potência máxima venha a ocorrer na prática, especialmente tendo em conta que não se prevê a presença de mamíferos marinhos na área. As espécies de peixe mais sensíveis teriam de permanecer directamente adjacentes à CTF durante o mesmo período completo de 24 horas para atingirem uma exposição suficiente para a ALT.

Com base nesta avaliação, não se prevêem impactos significativos nos peixes ou mamíferos marinhos como resultado da operação de uma CTF no Porto de Matola. É possível que se verifique alguma perturbação nos locais onde o ruído de fundo seja excedido, embora seja provável que tal seja mitigado pela habituação. A audibilidade não conduz implicitamente a perturbações e, na pior das hipóteses, as espécies poderão deslocar-se dentro da baía para um local ligeiramente mais silencioso. É provável que as águas a norte seja muito menos afectadas, uma vez que o ruído se atenua muito rapidamente em águas muito pouco profundas. Não se considera necessária qualquer mitigação adicional do ruído, pelo que este projecto é, assim, apoiado do ponto de vista da avaliação do ruído subaquático.

OCEAN SONICS

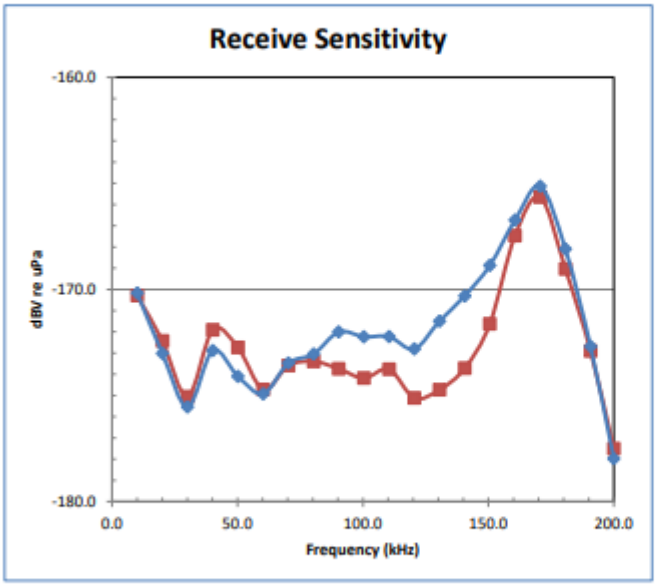
Certificate of Calibration

Ocean Sonics, Ltd.

Calibration Certificate Number: C5849

Test Result:	10 kHz to 100 kHz: -172.9 ± 2.7
	10 kHz to 200 kHz: -171.6 ± 6.4

Model Number	SB2-ETH	Projector Manufacturer	Ocean Sonics
Serial Number	1433	Projector Model	TH2-SER-4F
Manufacture Date	2021-0727	Projector Serial	2225
Measurement Date	4-Aug-2021	Measurement Distance	1 m
Certificate Date	4-Aug-2021	Output Level	130.3 dB re uPa @ 1 m
Sensitivity @ 26 Hz	-169.2 dB re V / uPa	Tone Burst	100.0 us / 300 ms
Case Type	Plastic	Reference Manufacturer	Ocean Sonics
Element Manufacturer	GeoSpectrum	Reference Model	RB9-ETH
Element Model	M24HF	Reference Serial	2080
Element Serial	A002747	Primary Calibration	20-Jan-2020
Preamp Model	04-300435-01	Preamp Manufacturer	Ocean Sonics
Calibrated By	DL	Preamp Model	04-300449-01
Work Order Number	W1234	Preamp Serial	M58
Test Type	RX Sensitivity	Preamp Gain	36 dB
Test Procedure	Complex RMS	ADC Manufacturer	Ocean Sonics
Test Location	Tank #3, 1 m	ADC Model Number	04-300426-01
Water Temperature	16 °C	ADC Serial Number	M59



Frequency	Sensitivity [dBV re µPa]	
kHz	0 deg	90 deg
10.0	-170.3	-170.2
20.1	-172.4	-173.0
30.1	-175.1	-175.5
40.2	-171.9	-172.9
50.2	-172.7	-174.1
60.2	-174.7	-174.9
70.3	-173.6	-173.5
80.3	-173.4	-173.1
90.4	-173.7	-172.0
100.4	-174.2	-172.2
110.4	-173.8	-172.2
120.5	-175.1	-172.8
130.5	-174.7	-171.5
140.5	-173.7	-170.3
150.6	-171.6	-168.9
160.6	-167.5	-166.7
170.7	-165.7	-165.1
180.7	-169.0	-168.1
190.7	-172.9	-172.7
200.0	-177.5	-178.0

Ocean Sonics Ltd, Truro, Nova Scotia Certificate of Calibration V1.02 © 2015

Figura 8-1 - Certificado de calibração para transdutor de monitor estático, IC Listen SB2 (número de série #1433)

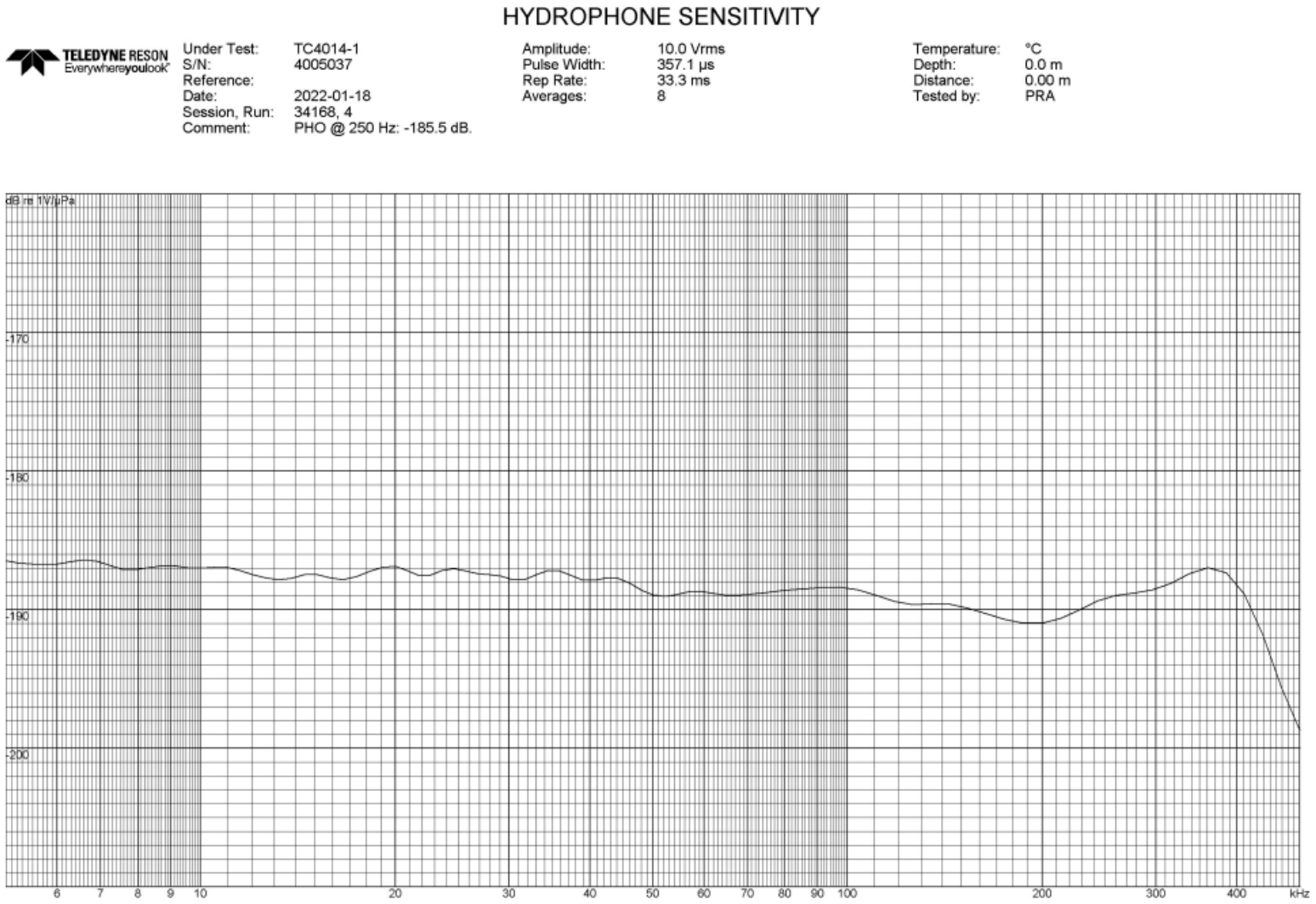


Figura 8-2 - Certificado de calibração do transdutor de monitor com supervisão, Teledyne Reson TC-4014-1 (número de série #4005037)

Apêndice B Dados detalhados sobre a frequência do som no monitor de longo prazo

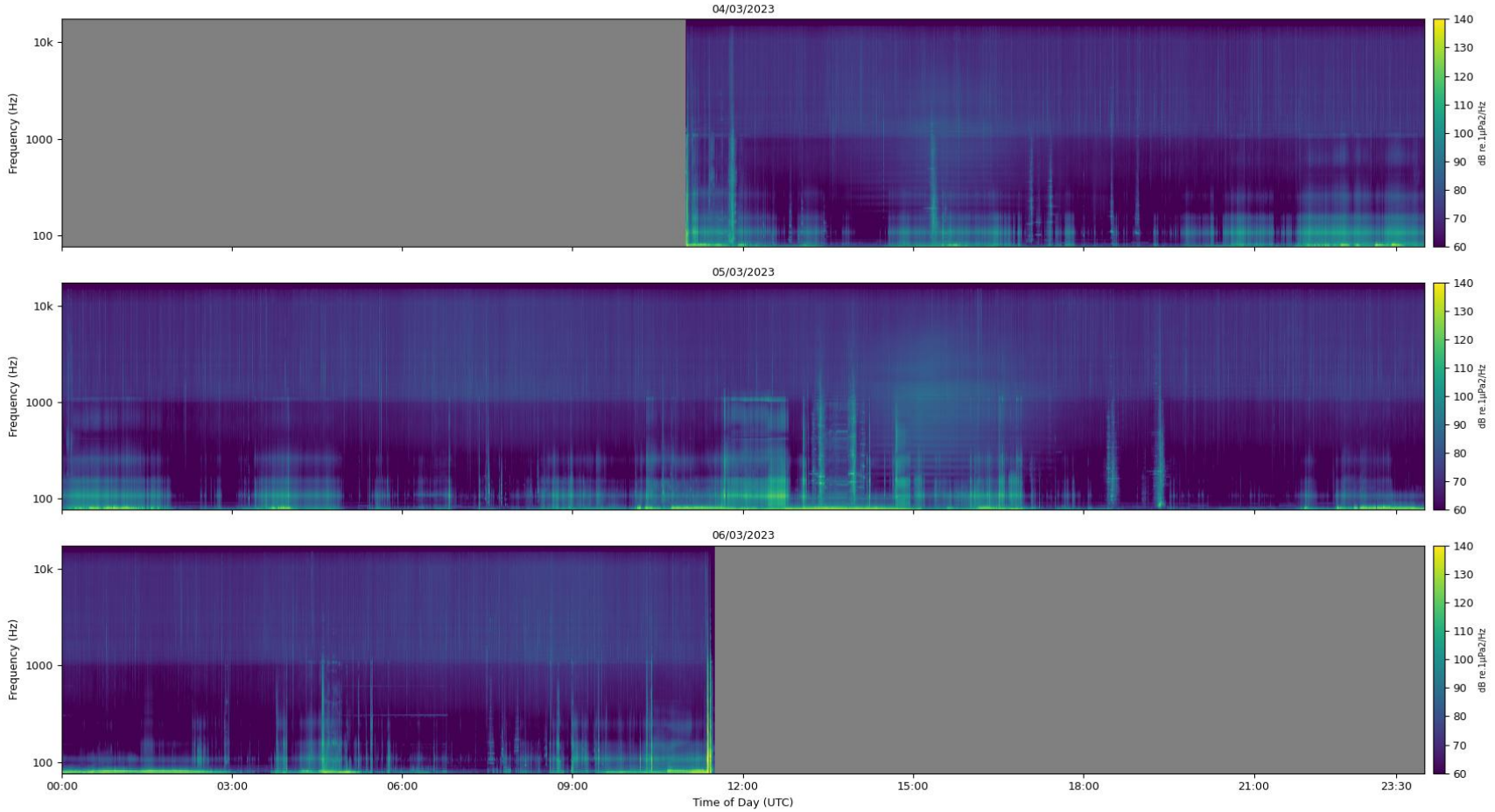


Figura 8-3 - Espectrogramas mostrando os níveis de ruído com base nos dados da banda de 1/3 da oitava, medidos no local de monitorização a longo prazo em Maputo durante 48 horas a partir de 04/03/2023. Os tempos das notas estão em UTC, tempo no local UTC+2 horas

Apêndice C Fotografias tiradas no levantamento



Figura 8-4 - Navio de pesquisa Inhaca

Apêndice D Resumo das medições efectuadas

Os níveis de ruído subaquático, mínimo máximo e médio para cada dia de monitorização são apresentados no quadro abaixo. As posições de Localização são mostradas na Figura 3-3. Cada medição é tipicamente baseada em três amostras de 10 segundos em cada local. As posições de medição 1-6 estão a oeste do local proposto para a CTF (rio acima), as medições 7-10 estão a leste (rio abaixo).

A maioria das medições foram efectuadas num raio de aproximadamente 1,5 km do local da CTF ("Powership"), para mais pormenores ver Apêndice E

Localização	04/03/2022			05/03/2022			06/03/2022		
	NPS_{RMQ} (dB re 1 µPa)			NPS_{RMQ} (dB re 1 µPa)			NPS_{RMQ} (dB re 1 µPa)		
	Min	Média	Max	Min	Média	Max	Min	Média	Max
CTF	111.8	127.7	141.3	105.1	119.5	135.9	108.3	117.9	131.4
1	114.1	114.9	115.7	120.5	121.3	122.5	-	-	-
2	104.4	110.4	114.9	105.8	106.8	107.7	-	-	-
3	119.3	121.9	125.8	112	112.1	112.2	-	-	-
4	112.3	113.6	115.6	112.9	119	125.1	-	-	-
5	126.2	127	127.6	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	109.2	115.8	126.4	-	-	-
7	139.8	141.2	143.4	126.4	127.3	128.9	-	-	-
8	131.4	132.2	132.6	130.4	130.7	131.4	-	-	-
9	-	-	-	126.6	127.8	128.9	-	-	-
10	-	-	-	134.2	135.3	136.7	-	-	-

Tabela 8-1 O NPS_{RMQ} máximo, mínimo e médio baseado em amostras de medição assistidas em cada local, por dia de amostra

Apêndice E Medições efectuadas, local da CTF

Foi efectuado um grande número de medições nas proximidades do local proposto para a CTF, num raio de aproximadamente 1,5 km, ver Figura 3-3 e Figura 4-3. Estas são fornecidas no quadro abaixo.

Tabela E-2 A posição e NPS_{RMQ} com base em amostras de medições assistidas nas proximidades do local da CTF.

Nome do ficheiro	Posição		NPS_{RMQ} (dB re 1 µPa)
	Latitude	Longitude	
2023 Mar 04, 12-25-07	-25.9552	32.5123	131.8
2023 Mar 04, 12-25-23	-25.9552	32.5122	136.2
2023 Mar 04, 12-27-26	-25.9554	32.5114	134.4
2023 Mar 04, 12-41-49	-25.9514	32.5116	128.3
2023 Mar 04, 12-45-16	-25.9509	32.5105	130.5
2023 Mar 04, 12-45-30	-25.9509	32.5104	131.7
2023 Mar 04, 12-54-17	-25.9534	32.5174	116.5
2023 Mar 04, 12-54-29	-25.9534	32.5173	120.8
2023 Mar 04, 12-54-42	-25.9534	32.5173	118.0
2023 Mar 04, 13-07-27	-25.9564	32.5184	128.1
2023 Mar 04, 13-08-04	-25.9564	32.5180	131.5
2023 Mar 04, 13-08-17	-25.9564	32.5178	130.0
2023 Mar 04, 13-10-49	-25.9566	32.5163	115.8
2023 Mar 04, 13-11-11	-25.9566	32.5161	116.9
2023 Mar 04, 13-11-31	-25.9566	32.5160	115.0
2023 Mar 04, 13-15-17	-25.9571	32.5140	115.9
2023 Mar 04, 13-15-29	-25.9572	32.5139	115.2
2023 Mar 04, 13-15-43	-25.9572	32.5137	115.1
2023 Mar 04, 13-21-21	-25.9584	32.5114	112.7
2023 Mar 04, 13-21-32	-25.9584	32.5114	111.8
2023 Mar 04, 13-21-52	-25.9585	32.5113	112.2
2023 Mar 04, 15-27-24	-25.9622	32.5078	133.6
2023 Mar 04, 15-27-51	-25.9621	32.5078	133.6
2023 Mar 04, 15-37-34	-25.9559	32.5183	136.2
2023 Mar 04, 15-37-46	-25.9559	32.5182	136.5

Nome do ficheiro	Posição		NPS_{RMQ} (dB re 1 µPa)
	Latitude	Longitude	
2023 Mar 04, 15-38-32	-25.9559	32.5179	137.9
2023 Mar 05, 07-39-29	-25.9554	32.5111	113.5
2023 Mar 05, 07-39-53	-25.9554	32.5111	114.7
2023 Mar 05, 07-40-12	-25.9554	32.5111	112.0
2023 Mar 05, 07-47-04	-25.9527	32.5145	125.3
2023 Mar 05, 07-47-17	-25.9527	32.5145	124.3
2023 Mar 05, 07-47-30	-25.9527	32.5146	120.8
2023 Mar 05, 07-52-33	-25.9536	32.5194	121.5
2023 Mar 05, 07-53-01	-25.9536	32.5195	121.1
2023 Mar 05, 07-53-50	-25.9535	32.5196	121.4
2023 Mar 05, 08-03-22	-25.9536	32.5304	123.1
2023 Mar 05, 08-03-34	-25.9535	32.5305	122.4
2023 Mar 05, 08-03-53	-25.9535	32.5305	123.0
2023 Mar 05, 08-12-18	-25.9547	32.5212	120.7
2023 Mar 05, 08-12-33	-25.9546	32.5213	117.5

Nome do ficheiro	Posição		NPS_{RMQ} (dB re 1 µPa)
	Latitude	Longitude	
2023 Mar 05, 08-12-50	-25.9546	32.52136	117.3
2023 Mar 05, 08-17-30	-25.9572	32.51711	133.8
2023 Mar 05, 08-17-43	-25.9572	32.5172	130.0
2023 Mar 05, 08-27-38	-25.9582	32.51335	124.3
2023 Mar 05, 08-27-51	-25.9582	32.5134	124.0
2023 Mar 05, 08-28-12	-25.9581	32.51349	123.3
2023 Mar 05, 10-00-22	-25.9621	32.52061	107.9
2023 Mar 05, 10-00-39	-25.9621	32.52056	106.9
2023 Mar 05, 10-00-58	-25.9621	32.52051	107.7
2023 Mar 05, 12-14-26	-25.9549	32.51196	115.9
2023 Mar 05, 12-14-41	-25.9549	32.51183	114.8

Nome do ficheiro	Posição		NPS_{RMQ} (dB re 1 µPa)
	Latitude	Longitude	
2023 Mar 05, 12-14-55	-25.9549	32.51171	116.3
2023 Mar 05, 12-18-19	-25.9573	32.50774	108.2
2023 Mar 05, 12-18-33	-25.9573	32.50767	105.1
2023 Mar 05, 12-18-48	-25.9573	32.50758	106.9
2023 Mar 05, 12-25-26	-25.9479	32.5147	135.9
2023 Mar 05, 12-25-39	-25.9478	32.51467	134.9
2023 Mar 05, 12-26-02	-25.9478	32.51461	120.7
2023 Mar 05, 12-26-27	-25.9477	32.51455	117.1
2023 Mar 05, 12-31-54	-25.9484	32.52014	117.3
2023 Mar 05, 12-32-07	-25.9484	32.52009	118.2
2023 Mar 05, 12-32-24	-25.9484	32.52002	115.6
2023 Mar 05, 12-37-41	-25.9587	32.51535	128.1
2023 Mar 05, 12-37-56	-25.9588	32.51528	122.8
2023 Mar 05, 12-38-11	-25.9588	32.51522	125.3
2023 Mar 05, 12-42-57	-25.962	32.51421	108.0
2023 Mar 05, 12-43-09	-25.9619	32.51415	108.1
2023 Mar 05, 12-43-24	-25.9619	32.51407	108.2
2023 Mar 05, 12-47-02	-25.965	32.51396	108.0
2023 Mar 05, 12-47-15	-25.9651	32.51394	108.7
2023 Mar 05, 12-47-27	-25.9651	32.5139	107.6
2023 Mar 05, 12-51-15	-25.9671	32.51362	116.3
2023 Mar 05, 12-51-27	-25.9672	32.5136	122.3
2023 Mar 05, 12-51-48	-25.9672	32.51357	126.6
2023 Mar 06, 08-58-06	-25.9648	32.52304	128.7
2023 Mar 06, 08-58-38	-25.9649	32.52311	131.4
2023 Mar 06, 08-58-52	-25.9649	32.52315	130.0
2023 Mar 06, 09-02-45	-25.9612	32.52079	110.4
2023 Mar 06, 09-02-59	-25.9612	32.52079	108.7
2023 Mar 06, 09-03-14	-25.9613	32.52082	108.9

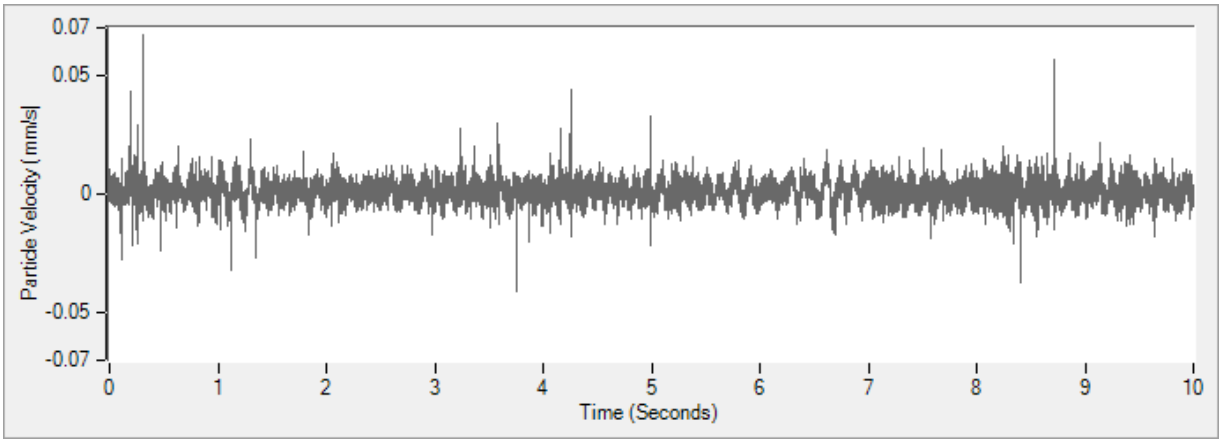
Nome do ficheiro	Posição		NPS_{RMQ} (dB re 1 µPa)
	Latitude	Longitude	
2023 Mar 06, 09-07-52	-25.9592	32.52024	108.3
2023 Mar 06, 09-08-05	-25.9592	32.52026	108.6
2023 Mar 06, 09-08-18	-25.9592	32.52027	108.7
2023 Mar 06, 09-12-48	-25.9574	32.51715	119.6
2023 Mar 06, 09-13-07	-25.9574	32.51718	119.8
2023 Mar 06, 09-13-20	-25.9574	32.51721	118.7
2023 Mar 06, 09-16-02	-25.9576	32.51762	118.3

Nome do ficheiro	Posição		NPS_{RMQ} (dB re 1 µPa)
	Latitude	Longitude	
2023 Mar 06, 09-16-42	-25.9576	32.51771	119.4
2023 Mar 06, 09-17-16	-25.9576	32.5178	124.7
2023 Mar 06, 09-18-04	-25.9576	32.51793	124.9
2023 Mar 06, 09-24-53	-25.9557	32.51546	121.6
2023 Mar 06, 09-25-05	-25.9558	32.51544	122.8
2023 Mar 06, 09-25-17	-25.9558	32.51542	123.5
2023 Mar 06, 09-29-15	-25.9529	32.51514	112.1
2023 Mar 06, 09-29-26	-25.953	32.51506	113.8
2023 Mar 06, 09-29-38	-25.953	32.51499	120.6
2023 Mar 06, 09-32-50	-25.9523	32.51484	115.2
2023 Mar 06, 09-33-01	-25.9523	32.51484	114.7
2023 Mar 06, 09-33-31	-25.9523	32.51481	113.8
2023 Mar 06, 09-40-19	-25.9546	32.52329	119.6
2023 Mar 06, 09-40-33	-25.9546	32.5233	117.4
2023 Mar 06, 09-40-48	-25.9547	32.52331	117.6

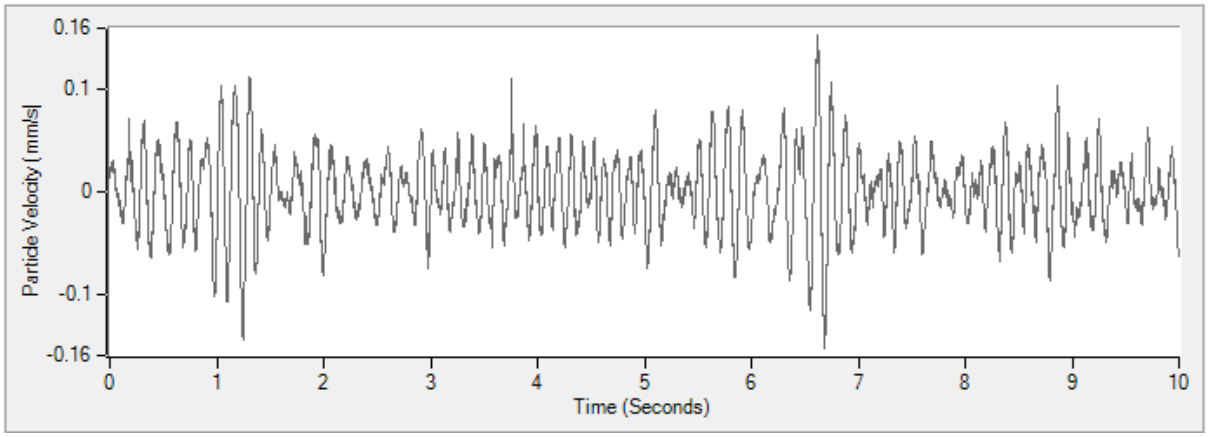
Minimo	Maximo	Média
105.1 dB NPS_{RMQ}	137.9 NPS_{RMQ}	119.8 NPS_{RMQ}

Apêndice F Amostra de formas de onda de monitorização da vibração

a



b



c

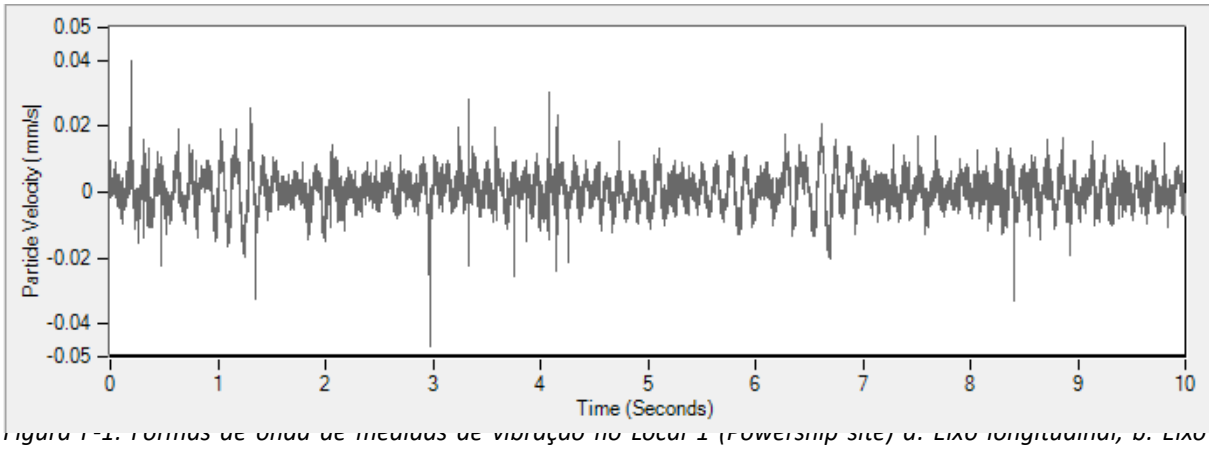
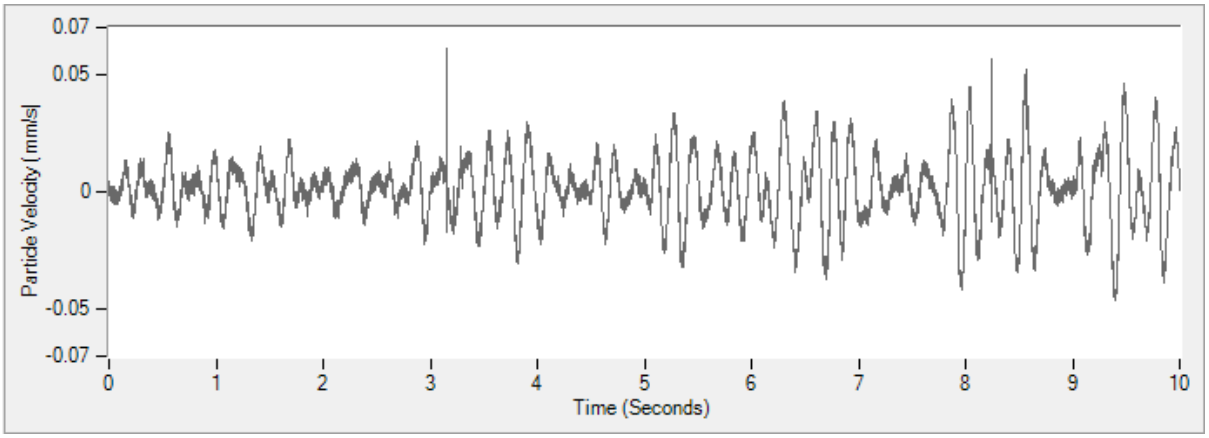
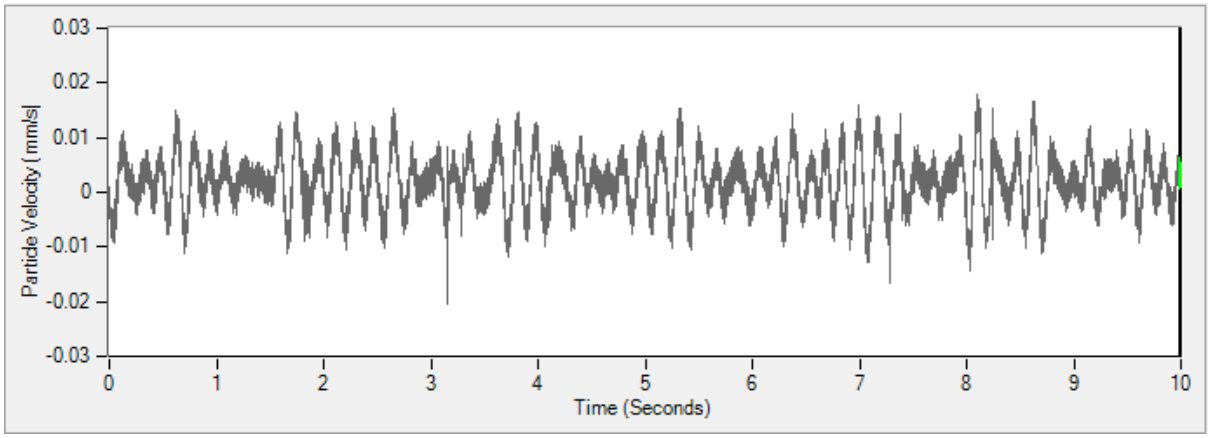


Figura F-1: Formas de onda de medidas de vibração no Local 1 (Powership site) a: Eixo longitudinal, b: Eixo transversal, c: Eixo vertical

a



b



c

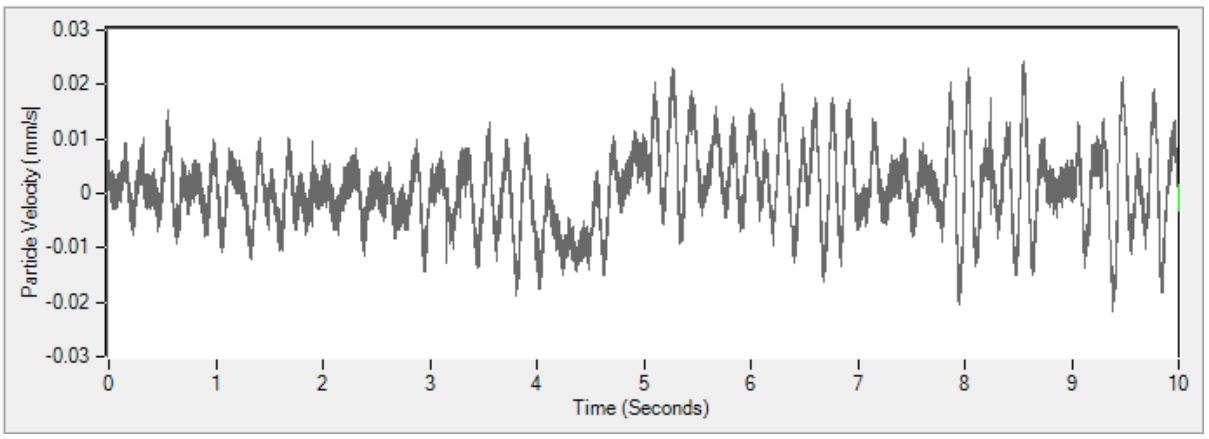
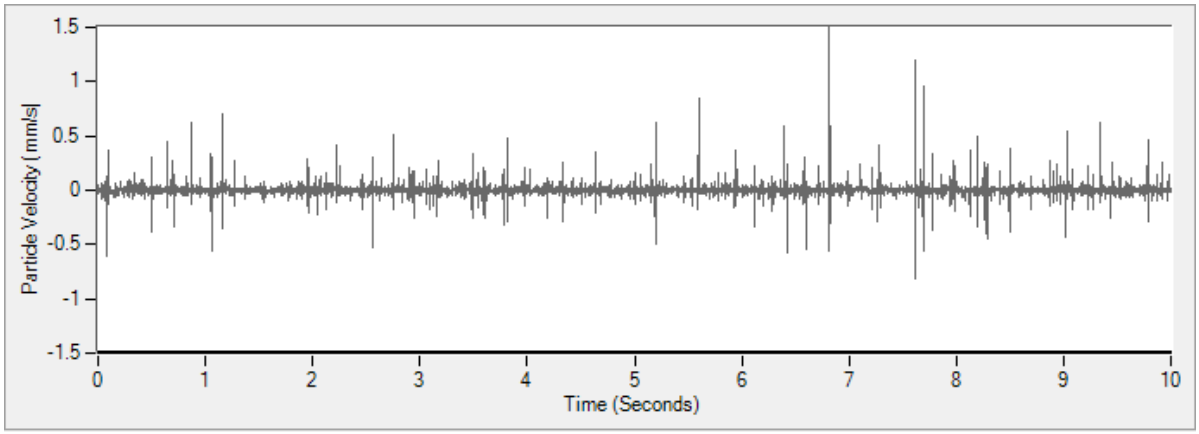
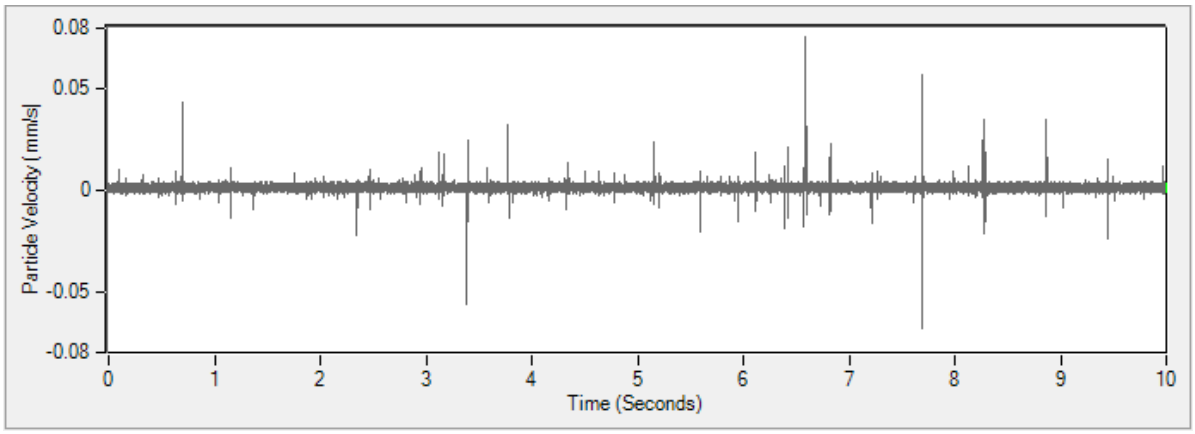


Figura F-2: Formas de onda de medições de vibração no Local 2 (Água rasa) a: Eixo longitudinal, b: Eixo transversal, c: Eixo vertical

a



b



c

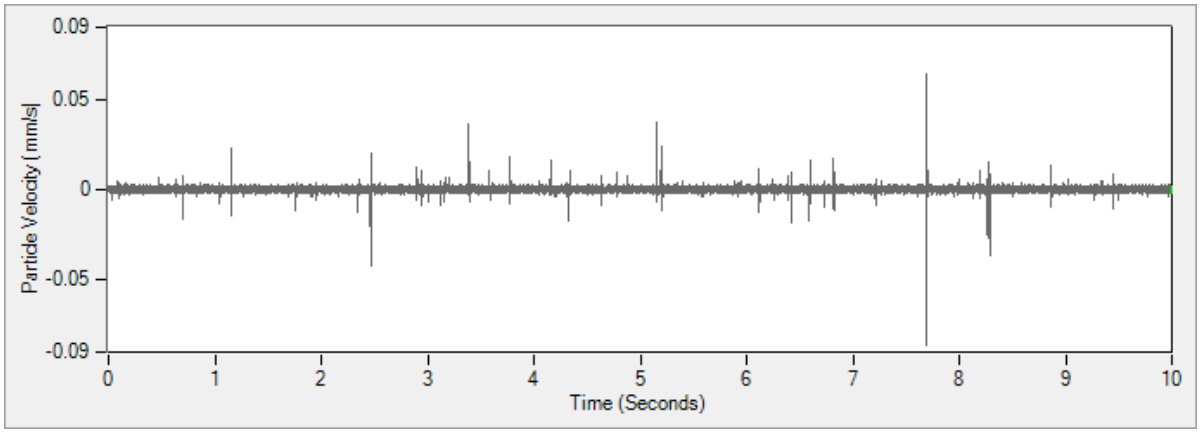


Figura F-3: Formas de onda de medições de vibração no Local 3 (Águas profundas) a: Eixo longitudinal, b: Eixo transversal, c: Eixo vertical

Página de documentação do relatório

- Este é um documento controlado.
- Cópias adicionais devem ser obtidas através do Bibliotecário Ambiental Subacoustech.
- Se copiado localmente, cada documento deve ser marcado "Uncontrolled copy".
- A emenda deve ser feita através da substituição de todo o documento.
- As propostas de alteração a este documento devem ser encaminhadas para a Subacoustech Environmental.

Documento No.	Rascunho	Data	Detalhe da mudança
P358R0101	01	27/03/2023	Escrita inicial e revisão interna
P358R0102	-		Pequenas revisões, para emissão

Número do relatório actual do Originador	[Subject]
Nome e localização do originador	T Mason; Subacoustech Environmental Ltd.
Número do contrato e período abrangido	P358; March-April 2023
Nome e localização do patrocinador	Cem Ayanoglu, Karpowership
Classificação do relatório e advertências em uso	[Status]
Data escrita	Março 2023
Paginação	Capa + i + 39
Referências	
Título do relatório	[Title]
Detalhes da tradução/conferência (se tradução, dar título estrangeiro/ se parte de uma conferência, dar detalhes da conferência)	
Classificação de títulos	Não classificado
Autor(es)	Luciana Santos
Descritores/palavras-chave	
Abstrato	
Classificação abstrata	Distribuição não classificada; Distribuição não limitada

EE-7

Avaliação da Qualidade do Ar para o Projecto da Central Termoeléctrica Flutuante

Maio 2023

Avaliação da qualidade do ar para o projecto da Central Termoeléctrica Flutuante (Powership) no Porto da Matola, Maputo, Moçambique

Avaliação da qualidade do ar para o projecto da Central Termoeléctrica Flutuante (Powership) no Porto da Matola, Maputo, Moçambique

DETALHES DO RELATÓRIO

Cliente:	Impacto Limitada, Rua Kassuende 296, Maputo, Mozambique
Título do relatório:	
Projecto Nr.:	uMN736-22
Nº do Relatório:	uMN073-23
Preparado por:	uMoya-NILU Consulting (Pty) Ltd, P O Box 20622, Durban North 4016, South Africa
Autores:	Mark Zunckel and Atham Raghunandan
Data:	31 Maio 2023
Versão:	Draft

Este relatório foi preparado pela uMoya-NILU Consulting (Pty) Ltd para a Impacto Lda, representando a Electricidade de Moçambique (EDM) e a Karpower Global DMCC (Karpowership). A propriedade intelectual contida neste relatório continua a pertencer à uMoya-NILU Consulting (Pty) Ltd. Nenhuma parte do relatório pode ser reproduzida de qualquer forma sem a autorização escrita da uMoya-NILU Consulting (Pty) Ltd, Impacto Lda, EDM e Karpowership.

Quando utilizado como referência, o presente relatório deve ser citado do seguinte modo:

uMoya-NILU (2023): Avaliação da qualidade do ar para o projecto da Central Termoeléctrica Flutuante (Powership) no Porto da Matola, Maputo, Moçambique, Relatório No. uMN073-23.

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO 6

2 ÂMBITO DO TRABALHO 7

3 DESCRIÇÃO DO PROJECTO 8

4 POLUENTES QUE SUSCITAM PREOCUPAÇÃO 10

4.1 VISÃO GERAL 10
4.2 PARTÍCULAS 10
4.3 DIÓXIDO DE AZOTO (NO_2) 11
4.4 DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO_2) 12
4.5 MONÓXIDO DE CARBONO (CO) 12

5 REQUISITOS LEGAIS 13

5.1 NORMAS DE EMISSÃO 13
5.2 NORMAS E DIRECTRIZES RELATIVAS À QUALIDADE DO AR AMBIENTE 13

6 ESTADO DA QUALIDADE DO AR 15

6.1 CLIMA 15
6.2 QUALIDADE DO AR AMBIENTE 17

7 EMISSÕES 18

7.1 PARÂMETROS DA FONTE PONTUAL 18
7.2 TAXAS MÁXIMAS DE EMISSÃO DE FONTES PONTUAIS 18
7.3 EMISSÕES FUGITIVAS 22

8 MODELAÇÃO DA DISPERSÃO 23

8.1 MODELOS UTILIZADOS 23
8.2 PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO 23
8.3 EXACTIDÃO DO MODELO 25
8.4 CENÁRIOS DE MODELOS 27
8.5 CONCENTRAÇÕES AMBIENTAIS PREVISTAS 27
8.5.1 Concentrações previstas de SO_2 27
8.5.2 Concentrações previstas de NO_2 32
8.5.3 Concentrações previstas de PM_{10} 36
8.5.4 Concentrações previstas de CO 39

9 AVALIAÇÃO DE IMPACTO 41

9.1 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO 41
9.2 IMPACTOS DA CONSTRUÇÃO 44
9.3 IMPACTOS DAS OPERAÇÕES DA KARPOWERSHIP 45

10 RECOMENDAÇÕES PARA MITIGAÇÃO 47

10.1 CONSTRUÇÃO 47
10.2 OPERAÇÕES 47

11 RESUMO E CONCLUSÃO 48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do projecto proposto 11
Figura 2: Fontes de ruído da Central Termoeléctrica Flutuante, da classe Khan no Gana (Subacoustech, 2022) 14
Figura 3: Grelhas onde se encontra a saída do calor de escape (Subacoustech, 2022) 15
Figura 4: Áreas sensíveis ao ruído 17
Figura 5: Níveis de ruído previstos durante a fase operacional do projecto 30
Figura 8-2: Concentrações anuais previstas de SO_2 no ambiente para o Projecto da Karpowership em µg/m3. 29
Figura 8-3: O 99º percentil previsto das concentrações de SO_2 ambiente de 24 horas para o Projecto da Karpowership em µg/m3. O Cenário 1 – Padrões de Emissões de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 – Concentrações de Emissões da Karpowership é apresentado à direita. 30
Figure 8-4: O 99º percentil previsto das concentrações de SO_2 ambiente de 1 hora para do Projecto da Karpowership em µg/m3. O Cenário 1 – Padrões de Emissões de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 – Concentrações de Emissões da Karpowership é apresentado à direita. 31
Figura 8-5: Concentrações ambientais anuais previstas de NO_2 para o Projecto da Karpowership em µg/m³. 34
Figura 8-6: O 99º percentil previsto das concentrações de NO_2 ambiente de 1 hora para o Projecto da Karpowership em µg/m^3. O Cenário 1 – Padrões de Emissões de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 – Concentrações de Emissões da Karpowership é apresentado à direita. 35
Figura 8-7: Concentrações anuais previstas de PM_{10} no ambiente para o Projecto da Karpowership em µg/m^3. 37
Figura 8-8: O 99º percentil previsto das concentrações de PM_{10} no ambiente em 24 horas para o Projecto da Karpowership em µg/m3. O Cenário 1 - Padrões de Emissão de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 - Concentrações de Emissão da Karpowership é apresentado à direita. 38
Figure 8-9: O 99º percentil previsto das concentrações de CO no ambiente durante 1 hora para o Projecto da Karpowership em µg/m3. 40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Detalhes do Ponto de Monitorização 8
Tabela 2: Tipos de equipamentos a serem utilizados na obra (Fase de Construção). 12
Tabela 3: Principais fontes de ruído de uma Central Termoeléctrica Flutuante (classe Khan) do estudo de campo Subacoustech em 2022. 13
Tabela 4: Dados do estudo de campo no Gana 14
Tabela 5: Níveis de classificação IFC típicos para o ruído em vários tipos de receptores. 17
Tabela 6: Dados do estudo de campo 19
Tabela 7: Níveis de ruído alvo em cada NSA 25
Tabela 8: Combinação das fontes de ruído da construção - pior caso. 26
Tabela 9: Combinação de diferentes fontes de ruído de construção - Baixo impacto. 26
Tabela 10: Atenuação por distância de uma fonte de ruído de 117,7dB(A) 27
Tabela 11: Níveis de ruído previstos durante a fase de construção. 27
Tabela 12: Impacto do ruído (fase de construção - linha eléctrica). 28
Tabela 13: Nível de ruído previsto nos receptores durante a fase operacional. 29
Tabela 14: Impacto do Ruído (Fase Operacional). 30
Tabela 4-1 Condições meteorológicas no momento da pesquisa 8
Tabela 4-2 – Níveis SPL_{RMQ} máximos, mínimos e médios registados pelo monitor estático na Matola entre 4 e 6 de Março, com base em períodos de amostra de 15 minutos 9
Tabela 9-4: Níveis de significância 43
Tabela 9-6: Avaliação do impacto do funcionamento da instalação com mitigação do projecto para o Cenário 2 - Concentrações de emissões do Powership 46

GLOSSÁRIO DE ACRÓNIMOS E UNIDADES

EDM	Electricidade de Moçambique
EIA	Avaliação do impacto ambiental
GHG	Gases com efeito de estufa
IFC	International Finance Corporation
MICOA	Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental
MIREME	Ministério dos Recursos Minerais e Energia de Moçambique
MITADER	Ministério de Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural
MW	Megawatt
MWth	Megawatt térmico: A potência térmica nominal líquida, que é a taxa a que o combustível pode ser queimado à potência nominal máxima contínua
NG	Gás natural
NO	Óxido de azoto
N_2O	Óxido nitroso
NO_2	Dióxido de azoto
NO_X	Óxidos de azoto (NO_X = NO + NO_2)
PM	Matéria Particulada
$PM_{2.5}$	Matéria Particulada com um diâmetro < 2.5 µm
PM_{10}	Matéria Particulada com um diâmetro < 10 µm
TAPM	O modelo de poluição do ar
TSP	Total de partículas em suspensão, diâmetro < 100 µm
SO_2	Dióxido de enxofre
µm	Micrómetro (= 10^{-6} m)
WHO	Organização Mundial de Saúde

1. INTRODUÇÃO

A Electricidade de Moçambique (EDM) e a Karpowership Global DMCC (Karpowership) desenvolveram em conjunto um projecto que envolve a **ancoragem** e operação de uma Central Termoeléctrica Flutuante no Porto da Matola (Powership), na Província de Maputo, em Moçambique. A localização do local do projecto é mostrada na Figura 1-1**.**

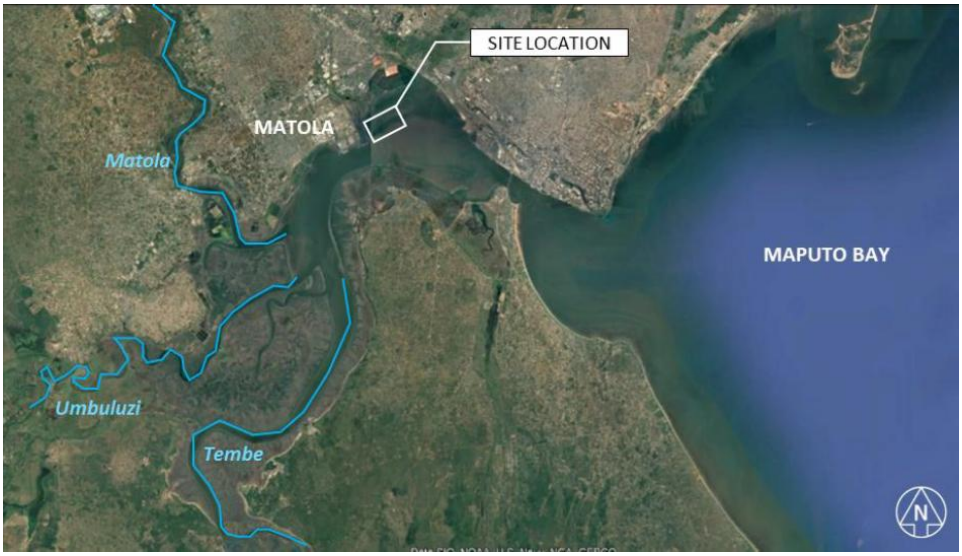


Figura 1-1: Localização do local do projecto da Powership (Google Maps, 2023)

Uma Central Termoeléctrica Flutuante (Powership) da classe Khan com uma capacidade instalada de 415 MW será atracada a 800 m da costa, no Porto da Matola. O navio gerador de electricidade será ligado à rede nacional de electricidade de Moçambique através da linha de transporte aérea de 275 kV a ser construída entre a central geradora e a subestação de 275 kV da Matola. O traçado proposto para a linha de transporte é apresentada na Figura 1-2.



Figura 1-2: Localização do Powership no Porto da Matola e o trajecto da linha de transporte 275 kV até à subestação da Matola

A EDM e a Karpowership nomearam a Impacto Projectos e Estudos Ambientais LDA (Impacto), de Moçambique, para realizar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do projecto. Por sua vez, a Impacto subcontratou a uMoya-NILU para efectuar o estudo especializado da qualidade do ar para o EIA.

2. ÂMBITO DO TRABALHO

O âmbito do trabalho da avaliação do impacto da qualidade do ar (AIQA) para o projecto Powership consiste na modelação da dispersão, com dados representativos de emissões e chaminés, para prever as concentrações ambientais resultantes de SO_2, NO_2, PM_{10} e CO. As concentrações ambientais previstas são comparadas com as normas e directrizes de qualidade do ar ambiente para avaliar os impactos. A AIQA é um estudo de gabinete que inclui:

i. A avaliação das informações disponíveis para descrever o estado actual do ambiente atmosférico receptor, do clima, da poluição atmosférica e do uso da terra.

ii. O desenvolvimento de um inventário de emissões, incluindo parâmetros físicos das chaminés, caudais e taxas de emissão de SO_2, NOX, PM e CO do Powership.

iii. Modelação da dispersão para prever as concentrações ambientais de poluentes resultantes das emissões das chaminés utilizando o modelo de dispersão CALPUFF, aprovado pela US-EPA, com um conjunto de dados meteorológicos de três anos derivados do modelo de prognóstico TAPM.

iv. Avaliação dos impactes na qualidade do ar ambiente resultantes das emissões das chaminés e implicações para a saúde humana, através da avaliação das concentrações previstas de poluentes atmosféricos com as normas de qualidade do ar ambiente de Moçambique e as directrizes de qualidade do ar ambiente IFC.

v. Preparação e submissão de um relatório AIQA à Impacto para revisão com a EDM e a Karpowership, e finalização do relatório AIQA após os comentários da revisão.

3. DESCRIÇÃO DO PROJECTO

O projecto do Powership consiste na produção de electricidade por uma Central Termoeléctrica Flutuante (Powership) da classe Khan atracado no porto da Matola. Um exemplo da Central Eléctrica Flutuante (Poweship) da classe Khan é apresentado na Figura 3-1. Serão produzidos até 415 MW de electricidade por 21 grupos geradores, modelo Wartsila 18V 50ª, e duas turbinas a vapor accionadas pelo calor captado pelos motores alternativos.

Os motores alternativos estão ligados em série e fornecem calor às turbinas a vapor para gerar electricidade. Os motores de combustão utilizados para a produção de energia eléctrica são motores de combustão interna em que uma mistura ar-combustível é comprimida por um pistão e inflamada dentro de um cilindro. O gás natural (GN) será utilizado nos motores. Um diagrama de fluxo para motores de combustão e um banco típico de motores da Powership é apresentado na Figura 3-2.



Figura 3-1: Unidade típica do Powership

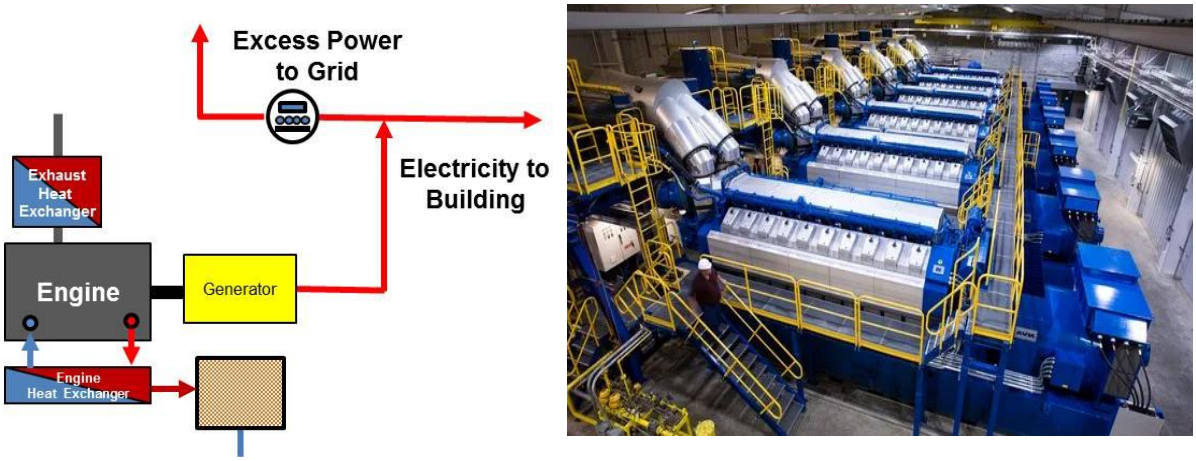


Figura 3-2: Um diagrama de fluxo de produção de electricidade com motores à (esquerda) e um banco de geradores ligados em série

4. POLUENTES QUE SUSCITAM PREOCUPAÇÃO

4.1. Visão geral

A qualidade do ar é medida como a concentração de um poluente. De acordo com a prática internacional, as unidades mais comuns para a medição da qualidade do ar são partes por bilião (ppb) ou microgramas por metro cúbico ($\mu g/m^3$). A apresentação das medições da qualidade do ar nestas unidades permite uma comparação simples com as directrizes e normas de qualidade do ar ambiente, que também são definidas em unidades de ppb e $\mu g/m^3$.

Os efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde humana ocorrem de várias formas: efeitos agudos ou a curto prazo e efeitos crónicos ou a longo prazo (por exemplo, OMS, 1999; 2000; 2005). Os diferentes grupos de pessoas são afectados de forma diferente, dependendo do seu nível de sensibilidade, sendo os idosos e as crianças mais susceptíveis. Os factores que ligam a concentração de um poluente atmosférico a um efeito observado na saúde são o nível e a duração da exposição a esse poluente atmosférico.

Os poluentes atmosféricos podem resultar das actividades de construção e da fase operacional do projecto da Central Termoeléctrica Flutuante (Powership). As actividades de construção podem dar origem a emissões de partículas sob a forma de poeiras.

O gás natural utilizado para a produção de energia é essencialmente metano, com baixas concentrações de outros hidrocarbonetos, água, dióxido de carbono, azoto, oxigénio e alguns compostos de enxofre; consequentemente, é amplamente considerado um combustível fóssil limpo. A combustão do GN para produzir electricidade resultará em emissões de poluentes atmosféricos, principalmente partículas, óxidos de azoto (NOX), dióxido de enxofre (SO_2) e monóxido de carbono (CO).

As partículas (PM) resultam de uma combustão incompleta ou da presença de material incombustível no combustível. O SO_2 é produzido a partir da combustão do enxofre que se encontra ligado ao combustível. O NOX é produzido a partir da fixação térmica do azoto atmosférico na chama de combustão e da oxidação do azoto ligado ao combustível. A quantidade de NOX produzida é directamente proporcional à temperatura da chama. A combustão incompleta do carbono no combustível resulta na formação de CO. A combustão do GN também resulta em emissões de dióxido de carbono (CO_2).

4.2. Partículas

A matéria particulada (PM) é um termo amplo utilizado para descrever partículas finas presentes na atmosfera, incluindo poeira do solo, sujidade, fuligem, fumo, pólen, cinzas, aerossóis e gotículas de líquido. A característica mais distintiva das partículas é a sua dimensão e composição química. As partículas podem conter tanto poluentes orgânicos como inorgânicos. O grau em que as partículas são consideradas nocivas depende da sua composição química e dimensão. As partículas muito finas representam o maior risco para a saúde, uma vez que podem penetrar mais profundamente nos pulmões, ao contrário das partículas maiores que podem ser filtradas através dos mecanismos naturais das vias respiratórias.

A dimensão das partículas tem a maior influência no comportamento das PM na atmosfera, sendo que as partículas mais pequenas tendem a ter tempos de permanência mais longos do que as maiores. As PM são classificadas de acordo com a dimensão das partículas em PTS, PM_{10} e $PM_{2.5}$.

As partículas totais em suspensão (PTS) consistem em todas as partículas suspensas no ar com dimensões inferiores a 100 µm. As PTS são úteis para compreender os efeitos incómodos das PM, por exemplo, a fixação nas casas, a deposição e a descoloração dos edifícios e a redução da visibilidade.

As PM_{10} descrevem todas as partículas em suspensão na atmosfera com um diâmetro igual ou inferior a 10 µm. Por vezes referidas simplesmente como partículas grossas, são geralmente emitidas pela combustão de combustível em motores de combustão interna (principalmente os que utilizam gasóleo), chaminés de fábricas e de serviços públicos, estaleiros de construção, campos arados, estradas não pavimentadas, trituração de pedra e queima de madeira. As fontes naturais incluem a pulverização marítima, as poeiras sopradas pelo vento e os vulcões.

$PM_{2.5}$ descreve todas as partículas em suspensão na atmosfera com um diâmetro igual ou inferior a 2,5 µm. Estão sobretudo relacionadas com a combustão (veículos a motor, fundição, incineradoras), e não com processos mecânicos, como é o caso das PM_{10}. As $PM_{2.5}$ podem ficar suspensas na atmosfera durante longos períodos e podem ser transportadas a grandes distâncias. As partículas finas podem formar-se na atmosfera quando as partículas resultam da fase gasosa, quando as moléculas de gás se agregam ou aglomeram sem a ajuda de uma superfície existente para formar uma nova partícula; ou de reacções químicas entre gases que originam vapores os quais nucleiam e dão origem a partículas.

4.3. Dióxido de azoto (NO_2)

NOX é um termo vulgarmente utilizado para designar a combinação de NO e NO_2. O NO_2 e o óxido nítrico (NO) formam-se simultaneamente em processos de combustão e noutras operações a alta temperatura, como fornos metalúrgicos, altos-fornos, turbinas, motores de combustão interna e alternativos. Os NOX podem também ser libertados de fábricas de ácido nítrico e de outros tipos de processos industriais que envolvam a produção e/ou utilização de ácido nítrico. Os NOX também se formam naturalmente através da desnitrificação por bactérias anaeróbias nos solos e nas plantas.

A via de exposição do NO_2 é a inalação e a gravidade dos efeitos depende mais da concentração do que da duração da exposição. O local de deposição do NO_2 são as vias respiratórias distais[19], onde o NO_2 reage com a humidade nos fluidos do tracto respiratório para formar ácidos nitroso e nítrico (OMS, 1997). As vias aéreas distais têm menos de 2 mm de diâmetro e compreendem tanto os bronquíolos membranosos como os canais de troca gasosa. Cerca de 80 a 90% do NO_2 inalado é absorvido através dos pulmões (CCINFO, 1998). O dióxido de azoto (presente no sangue sob a forma de ião nitrito) oxida os lípidos e as proteínas insaturadas das membranas, o que resulta na perda de controlo da permeabilidade celular. O NO_2 provoca uma diminuição da função pulmonar, nomeadamente um aumento da resistência das vias respiratórias. Os indivíduos com problemas respiratórios crónicos e as pessoas que trabalham ou praticam exercício físico ao ar livre correm maior risco de exposição ao NO_2.

O NO_2 tem o potencial de formar ácido nítrico na atmosfera através da oxidação pelo radical hidroxilo, que se pode dissolver em gotículas de água e cair sob a forma de precipitação. Este facto pode diminuir

[19] Anatomia - Que está mais afastado do tronco ou de um ponto de origem ou de referência.

o pH da água da chuva, alterando o equilíbrio dos ecossistemas e pode ser prejudicial para as estruturas construídas pelo homem.

4.4. Dióxido de enxofre (SO_2)

O SO_2 é emitido aquando da combustão de combustíveis que contêm enxofre. Estes combustíveis incluem o carvão, o coque, o petróleo, o gasóleo e o querosene, entre outros. A fundição de minérios também resulta na produção de SO_2, uma vez que os metais existem normalmente como sulfuretos no interior do minério.

Por inalação, a maior parte do SO_2 só penetra até ao nariz e à garganta, com quantidades mínimas a chegarem aos pulmões, a menos que a pessoa esteja a respirar intensamente, a respirar apenas pela boca ou se a concentração de SO_2 for elevada (CCINFO, 1998). A resposta aguda ao SO_2 é rápida, dentro de 10 minutos nos asmáticos (OMS, 2005). O SO_2 reage com a humidade das células do sistema respiratório para formar ácido sulfúrico. Esta reacção pode levar à deterioração da função celular e a efeitos como tosse, broncoconstrição, exacerbação da asma e redução da função pulmonar. Efeitos como a redução da função pulmonar, o aumento da resistência das vias respiratórias, a pieira e a falta de ar são potenciados pelo exercício que aumenta o volume de ar inspirado, uma vez que permite que o SO_2 penetre mais no tracto respiratório (OMS, 1999).

O SO_2 tem o potencial de formar ácido sulfuroso ou de formar lentamente ácido sulfúrico na atmosfera através da oxidação pelo radical hidroxilo. O ácido sulfúrico pode então dissolver-se em gotículas de água e cair sob a forma de precipitação. Este facto pode diminuir o pH da água da chuva.

4.5. Monóxido de carbono (CO)

O CO é um gás inodoro, incolor e tóxico. As pessoas com problemas cardíacos e respiratórios pré-existentes, doenças do sangue e anemia são sensíveis aos efeitos do CO. Os efeitos do CO na saúde fazem-se sentir principalmente no sistema neurológico e no sistema cardiovascular (OMS, 1999). A ligação do CO à hemoglobina reduz a capacidade de transporte de oxigénio do sangue e prejudica a libertação de oxigénio da hemoglobina para os tecidos extravasculares. Estas são as principais causas da hipoxia tecidular produzida pelo CO a baixos níveis de exposição. Os efeitos tóxicos do CO tornam-se evidentes nos órgãos e tecidos com elevado consumo de oxigénio, como o cérebro, o coração, o músculo esquelético em exercício e o feto em desenvolvimento.

5. REQUISITOS LEGAIS

5.1. Normas de emissão

Os regulamentos relativos à qualidade ambiental e aos padrões de emissão de efluentes foram aprovados pelo Conselho de Ministros de Moçambique em Maio de 2004 (Decreto 18/2004). O Decreto n.º 67/2010 altera os padrões para o ambiente receptor, incluindo os padrões de qualidade do ar. Estes regulamentos fornecem às autoridades ambientais um meio para controlar eficazmente as emissões libertadas para o ambiente e a qualidade ambiental. O regulamento define parâmetros para a avaliação da qualidade do ar, da água e do solo, bem como limites para o ruído. O artigo 26º define as regras aplicáveis às novas instalações. O Anexo II do Decreto 18/2004 estabelece normas de emissão de gases e partículas para diferentes processos industriais, incluindo novas centrais termoeléctricas (Tabela 5-1).

A Corporação Financeira Internacional (IFC, 2017) fornece directrizes de emissão para instalações de combustão de mais de 600 MWth para diferentes combustíveis em bacias aéreas degradadas e não degradadas. As directrizes de emissão da IFC para a combustão de combustíveis sólidos em bacias aéreas não degradadas são comparadas com as normas de emissão de Moçambique para novas centrais termoeléctrica na Tabela 5-1.

Tabela 5 1: Normas de emissão de Moçambique para centrais térmicas (Decreto 18/2004)

	Partículas em suspensão	**SO_2**	**NO_X**
Moçambique	50 mg/Nm^3	0.1 t/dia[a]	320 mg/Nm^3
a: Taxa de emissão das instalações < 500 MW			

5.2. Normas e directrizes relativas à qualidade do ar ambiente

Moçambique publicou pela primeira vez padrões de qualidade do ar ambiente em Junho de 2004 no Apêndice 1 do Decreto No. 18/2004. Os padrões de qualidade do ar ambiente revistos foram publicados no Decreto n.º 67/2010 em 31 de Dezembro de 2010 (Tabela 5-2). As directrizes de qualidade do ar ambiente da IFC/Banco Mundial (IFC, 2007) são também apresentadas na Tabela 5-2.

Tabela 5 2: Normas de qualidade do ar ambiente de Moçambique (Decreto 67/2010) e directrizes de qualidade do ar ambiente da IFC/Banco Mundial (IFC, 2017)

Poluente	Tempo médio	Concentração ambiente (µg/m3)	
		Moçambique	IFC
	Anual	60[1]	70
	24-horas	150[1]	150
	Anual	10	40
	1-hora	190	200
	Anual	40	
	24-horas	100	125
	1-hora	800	
	10-minutos	500	500
CO	1-hora		35 000

6. ESTADO DA QUALIDADE DO AR

6.1. Clima

A Matola está situada a 25° 57' S e é uma zona baixa e maioritariamente abaixo de uma elevação de 30 m acima do nível do mar. O clima predominante em Maputo é conhecido como um clima de estepe local, classificado como BSh pelo sistema Köppen-Geiger. O clima pode ser descrito como quente e húmido e a humidade média é de 71%. A média mensal das temperaturas máximas e mínimas e da precipitação média mensal é apresentada na Figura 6-1 e na Figura 6-2, respectivamente.

A temperatura média anual é de 22,9° C. A precipitação média anual é de 713 mm, com uma média de 60 dias por ano. A precipitação ocorre predominantemente no Verão, começando em Novembro e terminando em Março.

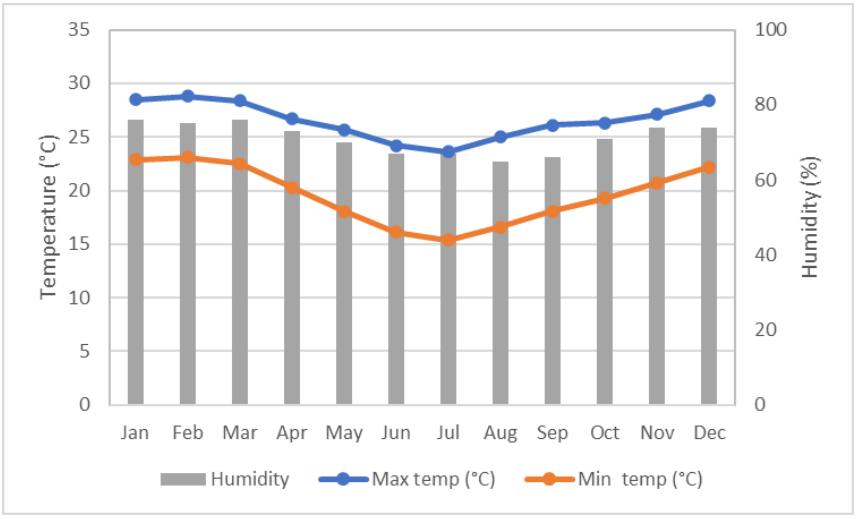


Figura 6-1: Temperaturas médias mensais máximas e mínimas e humidade média mensal em Maputo (http://en.climate-data/africa/mozambique/maputo/maputo-535/)

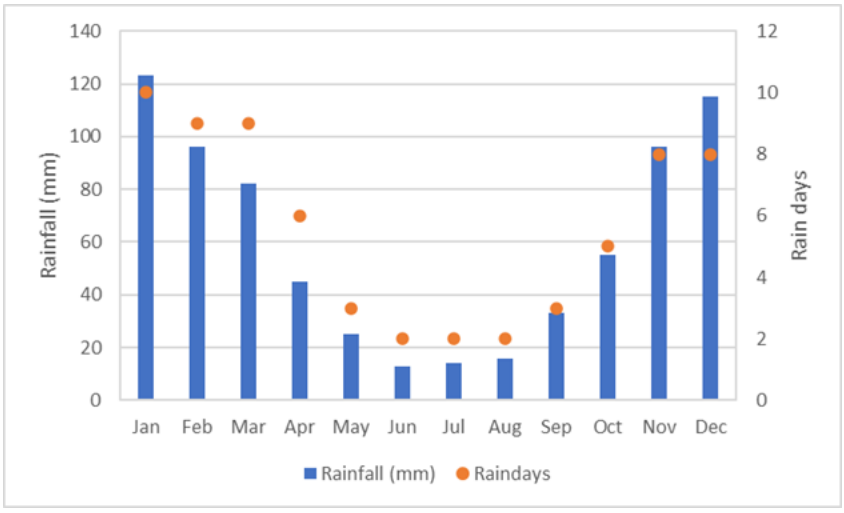


Figura 6-2: Precipitação média mensal em Maputo e o número médio de dias de chuva por mês

(https://en.climate-data.org/africa/ mozambique/maputo/maputo-535/)

Os dados de vento para a Matola são obtidos a partir do Meteoblue (www.meteoblue.com). O Meteoblue tem arquivado dados de modelos meteorológicos desde 2007 e recentemente executou modelos meteorológicos com dados históricos a partir de 1985 e gerou um historial global contínuo de 30 anos de dados meteorológicos horários. Os dados históricos podem ser obtidos para qualquer local com uma resolução de aproximadamente 30 km. Os dados sobre o vento são representados numa rosa-dos-ventos na Figura 6-3.

Uma rosa-dos-ventos representa simultaneamente a frequência de ocorrência do vento nas 16 direcções cardeais do vento e nas classes de velocidade do vento. A direcção do vento é dada como a direcção de onde o vento sopra, ou seja, os ventos de sudoeste sopram de sudoeste. A velocidade do vento é indicada em m/s, e cada arco representa uma frequência de ocorrência de 500 horas. Há 8 760 horas num ano.

Os ventos predominantes na Matola são de norte-noroeste (NNW) a sul (S), alinhados geralmente com a linha de costa, ou são onshore (Figura 6-3). Os ventos do sector oeste são pouco frequentes. Geralmente, os ventos são ligeiros e inferiores a 5,5 m/s, excedendo ocasionalmente 10,8 m/s de Sul-Sudeste (SSE) para Sul (S).

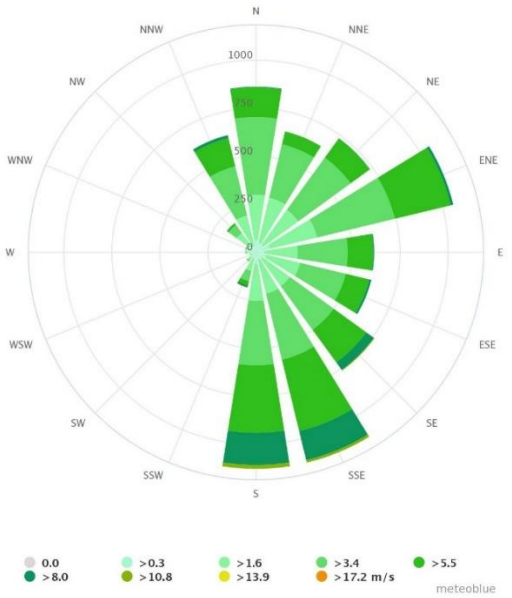


Figura 6-3: Rosa-dos-ventos anual para a Matola
(https://www.meteoblue.com/en/weather/historyclimate/climatemodelled/matola_mozambique_1039854)

O clima da Matola tem implicações na dispersão dos poluentes atmosféricos. Em primeiro lugar, os dias quentes de Verão resultam numa atmosfera convectiva instável que assegura que existe geralmente uma boa mistura e diluição dos poluentes que são libertados para a atmosfera. A elevada frequência de ventos fracos não é, no entanto, eficaz na dispersão dos poluentes. À noite, quando a temperatura é geralmente mais baixa e calma, especialmente no Inverno, pode ocorrer alguma acumulação de poluentes.

A época típica de ciclones no Oceano Índico ocidental é antes e depois da monção de Verão, ou seja, de Maio a Junho e de Outubro a Novembro. Em média, três ciclones afectam Moçambique num ano, atingindo sobretudo as regiões setentrionais de Nampula, Cabo Delgado e Zambézia.

6.2. Qualidade do ar ambiente

Matola é uma região densamente povoada situada junto ao Porto de Maputo. Existem numerosas fontes industriais de poluição atmosférica, incluindo o Terminal de Carvão da Matola, o processamento de cimento, a refinaria de combustíveis leves, caldeiras mais pequenas e silos de armazenamento de milho e alimentos. As actividades industriais informais, a queima de resíduos e a queima de carvão residencial são também fontes de poluentes atmosféricos. As emissões dos transportes são emitidas pelo tráfego de veículos na auto-estrada EN4, comboios movidos a gasóleo na linha para o Terminal de Carga de Maputo, e emissões de navios na Baía de Maputo e no Terminal de Carga de Maputo.

A monitorização ambiental não é efectuada na região da Matola. Relevante é uma curta campanha de monitorização de 23 de Novembro a 1 de Dezembro de 2012 que foi realizada na Central Eléctrica de Maputo em 2013 (DDA Environmental Engineers, 2013), medindo SO_2, NO_2 e PM_{10}

A média das concentrações de SO_2 no ambiente para o período de monitorização de 7 dias foi inferior à directriz de Moçambique para 24 horas de 100 µg/m^3. A concentração média de NO_2 no ambiente foi também bastante inferior à directriz moçambicana para 24 horas de 190 µg/m^3. Da mesma forma, a concentração média de PM_{10} no ambiente foi também bastante inferior à directriz moçambicana para 24 horas de 150 µg/m3.

A expansão das actividades industriais desde então terá contribuído para estas medições de base. Estas incluem o Terminal de Carvão da Matola, a expansão da Central Eléctrica flutuante de Maputo e o aumento associado do tráfego marítimo.

7. EMISSÕES

7.1. Parâmetros da fonte pontual

O Powership da classe Khan estará localizada a cerca de 25°57'15.22 "S e 32°30'53.13 "E no porto de Matola, orientado de oeste-sudoeste para leste-nordeste.

Cada um dos 21 motores do Powership da classe Khan tem uma chaminé específica. As 21 chaminés estão orientadas ao longo do navio, da proa à popa. A orientação das chaminés pode ser vista na Figura 3-1. Os parâmetros das chaminés são apresentados na Tabela 7-1.

Tabela 7-1: Parâmetros das chaminés Powership

Nome da fonte	Elevação de base (m)	Altura da Chaminé (m)	Temp. da Chaminé.(°C)	Diâmetro da Chaminé (m)	Velocidade da Chaminé (m/s)	Caudal da Chaminé (Nm^3/hr)	Caudal da Chaminé (Nm^3/s)
Chaminé 1-21 para o Cenário 1 - Normas de Emissão de Moçambique	0	57.5	200	1.8	20	100 000	27.75
Chaminé 1-21 para o Cenário 2 - Concentrações de emissões do Powership	0	57.5	200	1.8	20	90 000	27.78

7.2. Taxas máximas de emissão de fontes pontuais

As taxas de emissão são calculadas para dois cenários de emissão:

Senário 1 – Normas de emissão de Moçambique

As emissões calculadas baseiam-se nas normas de emissão de Moçambique para centrais térmicas (Decreto 18/2004) (Tabela 5-1).

- Estas emissões dependem da concentração das emissões e não do tipo de combustível.
- Não são aplicadas tecnologias de redução.
- Horas de funcionamento: 24 horas/dia, 365 dias por ano.
- Este é um cenário hipotético e é usado apenas para demonstrar os impactos se as chaminés do navio Powership fossem baseadas nos limites regulamentares de Moçambique; e para comparação com o Cenário 2. O Cenário 1 não é um cenário que será implementado pelo navio Powership.

Cenário 2 - Concentrações de emissões do Powership

As concentrações de emissões do Powership (KPS) são fornecidas por Karpowership.

- Estas emissões dependem do tipo de combustível: GN com um teor de enxofre e um teor de cinzas que é muito baixo a negligenciável.
- Assume-se que cada chaminé do Powership tem uma concentração máxima de emissão de SO_2 de 2 mg/Nm^3 e uma concentração máxima de emissão de partículas de 10 mg/Nm^3.

- Horário de funcionamento: 24 horas/dia, 365 dias por ano.

As taxas de emissão calculadas para as fontes pontuais no Powership da Classe Khan para o Cenário 1 e o Cenário 2 são apresentadas na Tabela 7-2 e na Tabela 7-3. As emissões totais são apresentadas na Tabela 7-4.

De acordo com as normas de emissão de Moçambique para novas centrais termoeléctricas (Tabela 5-1), o SO_2 tem uma norma de emissão de 0,1 toneladas/dia/chaminé ou 100 kg/dia/chaminé. Estima-se que cada uma das chaminés do Powership produza 4,3 kg de SO_2, o que é substancialmente inferior à norma de emissão de SO_2 (Tabela 7-2). A concentração de emissão de partículas e NOX para cada uma das chaminés do Powership (Tabela 7-2) também está abaixo dos padrões de emissão de Moçambique.

Tabela 7-2: Taxas de emissão da chaminé calculadas com base nas concentrações de emissão de Moçambique e Powership (KPS)

	Partículas		**SO_2**		**NO_X**		**CO**
	Moçambique	KPS	Moçambique	KPS	Moçambique	KPS	KPS
Concentração das emissões (mg/Nm3)	50.0	10.0	41.665 [a]	2.0	460.0 [c]	200.0	250.0
Taxa de emissão (kg/hr): Chaminé 1-21	5.0	0.9	4.167	0.2	46.0	18.0	22.5
Taxa de emissão (kg/dia): Chaminé 1-21	120.0	21.6	100.0	4.3[b]	1104.0	432.0	540.0
Taxa de emissão (toneladas/ano): Chaminé 1-22	43.8	7.9	36.5	1.6	403.0	157.7	197.1

Nota a: Para atingir a Norma de SO_2 de Moçambique de 0,1 toneladas/dia/chaminé, a concentração de emissão na chaminé deve ser de 41,665 mg/Nm3 a 100 000 Nm3/hr durante 24 horas/dia.

Nota b: Embora o navio a motor esteja a funcionar durante 24 horas/dia, cumprirá o limite de SO_2 devido ao baixo teor de enxofre do combustível. Ver cenário 2 supra.

Nota c: Embora a norma moçambicana de NOX para a combustão de gás seja de 320 mg/Nm3, o modelo (e os resultados apresentados) baseia-se em 460 mg/Nm3. Isto significa que as concentrações ambientais resultantes se baseiam numa abordagem muito conservadora e que as concentrações ambientais resultantes, se modeladas a 320 mg/Nm3, seriam muito inferiores.

Tabela 7- 3: Taxas de emissão na chaminé (t/a) para cada chaminé da Karpoweship

Tipo de fonte	Número de origem	ID da fonte	Descrição	Moçambique (Cenário 1)			Powership (Cenário 2)			
				PM_{10}	SO_2	NO_X	PM_{10}	SO_2	NO_X	CO
Ponto	1	KhanChné1	Khan Engine Chaminé1	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	2	KhanChné2	Khan Engine Chaminé2	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	3	KhanChné3	Khan Engine Chaminé3	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	4	KhanChné4	Khan Engine Chaminé4	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	5	KhanChné5	Khan Engine Chaminé5	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	6	KhanChné6	Khan Engine Chaminé6	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	7	KhanChné7	Khan Engine Chaminé7	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	8	KhanChné8	Khan Engine Chaminé8	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	9	KhanChné9	Khan Engine Chaminé9	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	10	KhanChné10	Khan Engine Chaminé10	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	11	KhanChné11	Khan Engine Chaminé11	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	12	KhanChné12	Khan Engine Chaminé12	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	13	KhanChné13	Khan Engine Chaminé13	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	14	KhanChné14	Khan Engine Chaminé14	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	15	KhanChné15	Khan Engine Chaminé15	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	16	KhanChné16	Khan Engine Chaminé16	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	17	KhanChné17	Khan Engine Chaminé17	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	18	KhanChné18	Khan Engine Chaminé18	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	19	KhanChné19	Khan Engine Chaminé19	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	20	KhanChné20	Khan Engine Chaminé20	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1
Ponto	21	KhanChné21	Khan Engine Chaminé21	43.8	36.5	403.0	7.9	1.6	157.7	197.1

Tabela 7-4: Emissões anuais da Karpower da classe Khan (t/a)

Fonte	PM_{10}	SO_2	NO_X	CO
Powership Cenário 1 - Normas de Emissão de Moçambique	919.8	766.5	8 462.2	
Powership Cenário 2 - Concentrações de emissões do Powership	165.6	33.1	3 311.3	4 139.1

As emissões anuais acima apresentadas pressupõem que as operações são contínuas, ou seja, 24 horas por dia durante 365 dias para o Cenário 1 e o Cenário 2.

7.3. Emissões fugitivas

Para o Cenário 1, são assumidos os seguintes pressupostos:

- Um navio de abastecimento reabastecerá o navio a motor aproximadamente uma vez em cada 15 a 30 dias
- O navio de abastecimento atracará ao lado do navio de propulsão durante a transferência de combustível.
- O combustível será armazenado no navio a motor em tanques fechados e selados.

As emissões fugitivas de COV são improváveis ou negligenciáveis durante a transferência. Não haverá emissões de COV dos tanques de armazenagem selados. Por conseguinte, os COV não são modelados nem considerados na presente avaliação para o Cenário 1.

As emissões de gases de escape da embarcação de abastecimento são consideradas emissões evasivas neste cenário. As emissões do navio em manobra no porto e atracado ao lado do navio de propulsão durante a transferência de combustível são apresentadas no Tabela 7-5.

Tabela 7-5: Emissões dos navios de abastecimento (toneladas/ano)

Fonte	SO_2	NO_X	PM_{10}	CO
No cais	4.28	5.25	0.51	0.39
Manobras	18.42	31.76	2.63	2.42
Total	22.71	37.01	3.15	2.81

No Cenário 2, parte-se do princípio de que o GN será fornecido ao Powership através de um gasoduto. As emissões de uma unidade flutuante de armazenamento e regaseificação (FSRU) e de um navio de abastecimento de GN não foram, por conseguinte, consideradas na presente avaliação.

8. MODELAÇÃO DA DISPERSÃO

8.1. Modelos utilizados

O conjunto de modelos CALPUFF (http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm) é utilizado nesta avaliação. O CALPUFF é um modelo de dispersão de sopro em várias camadas, multi-espécies e sem estado estacionário, que simula os efeitos das condições meteorológicas que variam no tempo e no espaço no transporte, transformação e remoção da poluição. O CALPUFF pode ser aplicado em escalas de dezenas a centenas de quilómetros. Inclui algoritmos para efeitos à escala da sub-grelha (tais como o impacto no terreno), bem como efeitos de longo alcance, tais como a remoção de poluentes devido à eliminação húmida e deposição seca, transformação química e efeitos de visibilidade das concentrações de partículas.

O Air Pollution Model (TAPM) (Hurley, 2000; Hurley et al., 2001; Hurley et al., 2002) é utilizado para modelar os dados metrológicos da superfície e do ar superior para o domínio de estudo. O TAPM utiliza dados meteorológicos globais de grelha à escala sinóptica com dados observados à superfície para simular a meteorologia da superfície e do ar superior em determinados locais do domínio, tendo em conta a topografia subjacente e o uso do solo. Os conjuntos de dados globais em grelha que são utilizados são desenvolvidos a partir de dados de superfície e de ar superior que são submetidos rotineiramente por todas as estações de observação meteorológica ao Sistema Global de Telecomunicações da Organização Meteorológica Mundial.

O TAPM é uma ferramenta ideal para aplicações em que os dados meteorológicos não satisfazem adequadamente os requisitos da modelação da dispersão. A saída meteorológica tridimensional resultante do TAPM inclui a velocidade e direcção do vento por hora, temperatura, humidade relativa, radiação solar total, radiação líquida, fluxo de calor sensível, fluxo de calor evaporativo, escala de velocidade convectiva, precipitação, altura de mistura, velocidade de fricção e comprimento de Obukhov. O comprimento de Obukhov é uma medida da estabilidade atmosférica. Os dados meteorológicos TAPM da superfície e do ar superior, resolvidos espacial e temporalmente, são utilizados como entrada para o pré-processador meteorológico CALPUFF, CALMET.

8.2. Parametrização do modelo

O modelo meteorológico de diagnóstico TAPM é utilizado para gerar um campo meteorológico contínuo tridimensional, temporal e espacialmente, para 2020, 2021 e 2022 em incrementos horários para o domínio de modelização.

O TAPM é montado numa configuração aninhada de três domínios, centrados no Projecto Powership no Porto da Matola (Figura 8-1). O domínio exterior tem 480 km por 480 km com uma resolução de grelha de 24 km, o domínio intermédio tem 240 km por 240 km com uma resolução de grelha de 12 km e o domínio interior tem 60 km por 60 km com uma resolução de grelha de 3 km (Figura 8-1). A configuração em ninho assegura que os efeitos topográficos na meteorologia sejam captados e que a meteorologia seja bem resolvida e caracterizada através dos limites do domínio interior. Vinte e sete níveis verticais são modelados em cada ninho, de 10 m a 5 000 m.

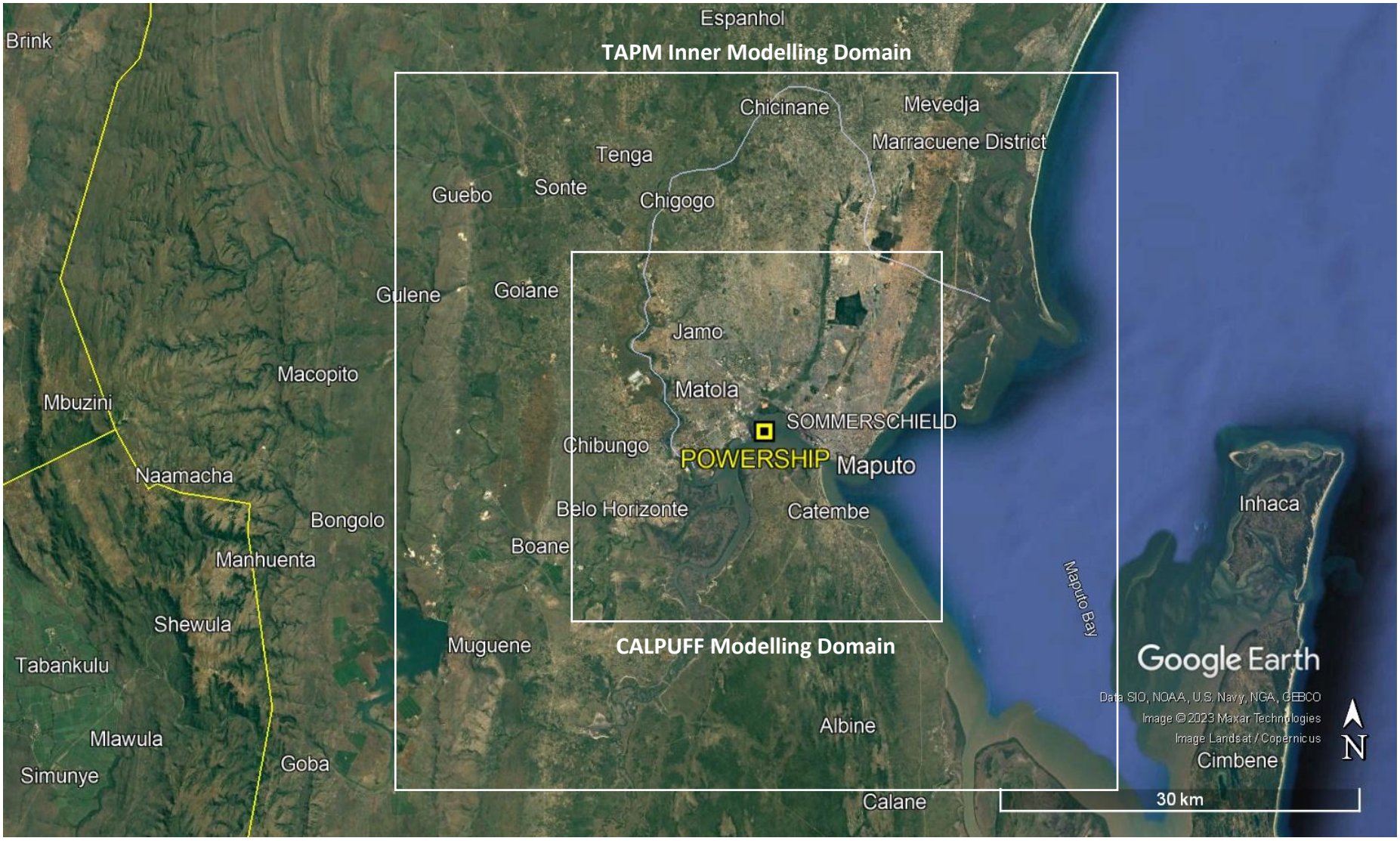


Figura 8-1: Grande domínio de modelização TAPM e pequenos domínios de modelização CALPUFF centrados no projeto da KPS

Os dados topográficos e de uso da terra para os respectivos domínios de modelação são obtidos a partir do conjunto de dados que acompanha o pacote de modelação TAPM da CSIRO. Este conjunto de dados inclui informações globais de elevação do terreno e de classificação do uso da terra numa grelha de longitude/latitude com espaçamento de grelha de 30 segundos, provenientes do United States Geological Survey (USGS), Earth Resources Observation Systems (EROS) Data Center Distributed Active Archive Center (EDC DAAC).

O domínio de modelação CALPUFF de 900 km² corresponde a 30 km (oeste–este) por 30 km (norte–sul) e está centrado no Projeto Karpowership (Figura 8-1). Consiste numa grelha de receptores uniformemente espaçada, com espaçamento de 0,25 km, perfazendo um total de 14 400 células de grelha (120 × 120 células).

A parametrização das principais variáveis aplicadas nos modelos CALMET e CALPUFF é apresentada na Tabela 8-1 e na Tabela 8-2, respectivamente.

Tabela 8-1: Parametrização das principais variáveis para o CALMET

Parâmetro	Valor do modelo
Alturas das faces das células verticais (m)	0, 20, 40, 80, 160, 320, 640, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000
Parâmetro de Coriolis (por segundo)	0,0001
Constantes empíricas para a equação da altura de mistura	Neutra, mecânica: 1,41 Convectiva: 0,15 Estável: 2400 Sobre água, mecânica: 0,12
Gradiente mínimo de temperatura potencial (K/m)	0,001
Profundidade da camada acima da altura de mistura convectiva na qual o gradiente é calculado (m)	200
Modelo do campo de vento	Módulo diagnóstico de vento
Extrapolação do vento à superfície	Teoria da similaridade
Restrições à extrapolação dos dados de superfície	Sem extrapolação, uma vez que é aplicado um campo de dados de ar superior modelado
Raio de influência das características do terreno (km)	5
Raio de influência das estações de superfície (km)	Não utilizado, uma vez que é aplicado um campo contínuo de dados de superfície

Tabela 8-2: Parametrização das principais variáveis para o CALPUFF

Parâmetro	Valor do modelo
Transformação química	Aplicado o factor de conversão padrão de NO_2 de 0,8
Perfil de velocidade do vento	Rural
Condições de calmaria	Velocidade do vento < 0,5 m/s
Elevação da pluma	Modelada a elevação de pluma em regime transitório, o efeito de **downwash**[20] à ponta da chaminé e a penetração parcial da pluma
Dispersão	CALPUFF utilizado em modo **PUFF**
Opção de dispersão	Coeficientes de dispersão baseados na turbulência calculada a partir da micrometeorologia
Método de ajuste ao terreno	Ajuste parcial do percurso da pluma

8.3. Exactidão do modelo

Os modelos de qualidade do ar tentam prever as concentrações ambientais com base em parâmetros "conhecidos" ou medidos, como a velocidade do vento, os perfis de temperatura, a radiação solar e as emissões. Existem, no entanto, variações nos parâmetros que não são medidos, os chamados parâmetros "desconhecidos", bem como pormenores não resolvidos do fluxo turbulento atmosférico. As variações nestes parâmetros "desconhecidos" podem resultar em desvios das concentrações previstas para o mesmo evento, mesmo que os parâmetros "conhecidos" sejam fixos.

Há também incertezas "redutíveis" que resultam de imprecisões no modelo, erros nos valores de entrada e erros nas concentrações medidas. Estas podem incluir dados meteorológicos, geofísicos e de fontes de emissão de má qualidade ou não representativos, erros nas concentrações medidas que são utilizadas para comparar com as previsões do modelo e uma física e formulação inadequadas do modelo utilizadas para prever as concentrações. As incertezas "redutíveis" podem ser controladas ou minimizadas. Isto é conseguido utilizando os dados de entrada mais adequados, preparando correctamente os ficheiros de entrada, verificando e voltando a verificar a existência de erros, corrigindo o comportamento estranho do modelo, assegurando que os erros nos dados medidos são minimizados e aplicando a física do modelo adequada.

Os modelos aprovados pela US-EPA foram avaliados utilizando uma série de kits de teste de modelação (http://www.epa.gov./scram001). Por conseguinte, não é necessário efectuar quaisquer avaliações de modelização. Pelo contrário, a exactidão da modelização nesta avaliação é reforçada por todos os esforços para minimizar as incertezas "redutíveis" nos dados de entrada e na parametrização do modelo.

Para o projecto do Powership, a incerteza redutível em CALMET e CALPUFF é minimizada por:

- Utilização de 3 anos de campos de dados meteorológicos de superfície e de níveis superiores, espacial e temporalmente contínuos, para o domínio de modelação;

[20] Refere-se ao fenómeno em que o vento interage com uma chaminé ou com uma estrutura próxima, provocando uma descida da pluma de emissão logo após a saída do gás.

- Parametrização adequada dos dois modelos (Tabela 8-1 e Tabela 8-2);
- Utilizar dados de emissões representativos; e
- Utilizar uma equipa de modelização competente com uma experiência considerável na utilização do CALPUFF.

8.4. Cenários de modelos

Nesta avaliação, são considerados dois cenários de emissões:

Cenário 1 - Padrões de Emissão de Moçambique

Cenário 2 - Concentrações de Emissões do Powership

8.5. Concentrações ambientais previstas

Os resultados da modelação da dispersão são apresentados nas secções seguintes para SO_2, NO_2, PM_{10} e CO. Em cada secção, as concentrações ambientais máximas previstas são apresentadas numa Tabela. Segue-se uma explicação dos resultados do modelo e dos resultados da modelação da dispersão, apresentados sob a forma de mapas isopletas[21].

8.5.1. Concentrações previstas de SO_2

Concentrações máximas previstas

As concentrações máximas anuais, de 24 horas e de 1 hora de SO_2 no ar ambiente resultantes das emissões do Projecto do Powership são apresentadas juntamente com os padrões de qualidade do ar ambiente de Moçambique e as directrizes de qualidade do ar ambiente da IFC/Banco Mundial para o Cenário 1 - Padrões de Emissão de Moçambique e Cenário 2 - Concentrações de Emissão do Powership na Tabela 8-3.

Tabela 8-3: Concentrações máximas previstas de SO_2 no ambiente juntamente com as normas de qualidade do ar ambiente de Moçambique (Decreto 67/2010) e as directrizes de qualidade do ar ambiente da IFC/Banco Mundial (IFC, 2007)

Poluente	Tempo médio	Concentração ambiente prevista (µg/m3)		Directriz (µg/m3)	
		Cenário 1 - Normas de Emissão de Moçambique	Cenário 2 - Concentrações de emissões do Powership	Moçambique	IFC/Banco Mundial
SO_2	Annual	1.4	0.1	40	
	24-hora	11.1	0.5	100	125
	1-hora	32.7	1.4	800	
	10-minuto	-	-	500	500

[21] Linhas (ou superfícies) que ligam pontos com o mesmo valor de uma determinada variável num mapa.

Concentrações médias anuais

A dispersão de SO_2 é predominantemente a norte, norte-noroeste, sul e sudoeste do Powership (Figura 8-2) devido aos ventos predominantes de sul, sul-sudeste, norte e nordeste (Figura 6-3). As concentrações previstas são muito baixas e muito abaixo da norma de qualidade do ar ambiente de Moçambique para ambos os cenários de emissão. As concentrações ambientais máximas previstas ocorrem a cerca de 1,3 km a noroeste do Powership, entre o terminal portuário da Matola e a zona da salina principal.

Concentrações em 24 horas

O percentil 99 previsto para as concentrações de SO_2 no ar ambiente durante 24 horas é muito baixo e muito inferior à norma de qualidade do ar ambiente de Moçambique e à directriz de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial para ambos os cenários de emissões (Figura 8-3). As concentrações ambientais máximas previstas ocorrem a cerca de 1,3 km a noroeste do Powership, entre o Terminal Portuário da Matola e a Zona da Salina Principal, em resultado das variações diárias da direcção do vento.

Concentrações de 1 hora

O percentil 99 previsto para as concentrações de SO_2 no ar ambiente durante 1 hora é muito baixo e muito inferior à norma de qualidade do ar ambiente de Moçambique para ambos os cenários de emissões (Figura 8-4). As concentrações ambientais máximas previstas ocorrem a cerca de 1,3 km a noroeste do Powership, entre o Terminal Portuário da Matola e a Zona da Salina Principal, em resultado das variações da direcção do vento de hora a hora.



Figura 8-1: Concentrações anuais previstas de SO2 no ambiente para o Projecto do Powership em µg/m3. *O Cenário 1 - Padrões de Emissão de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 - Concentrações de Emissão do Powership é apresentado à direita.*

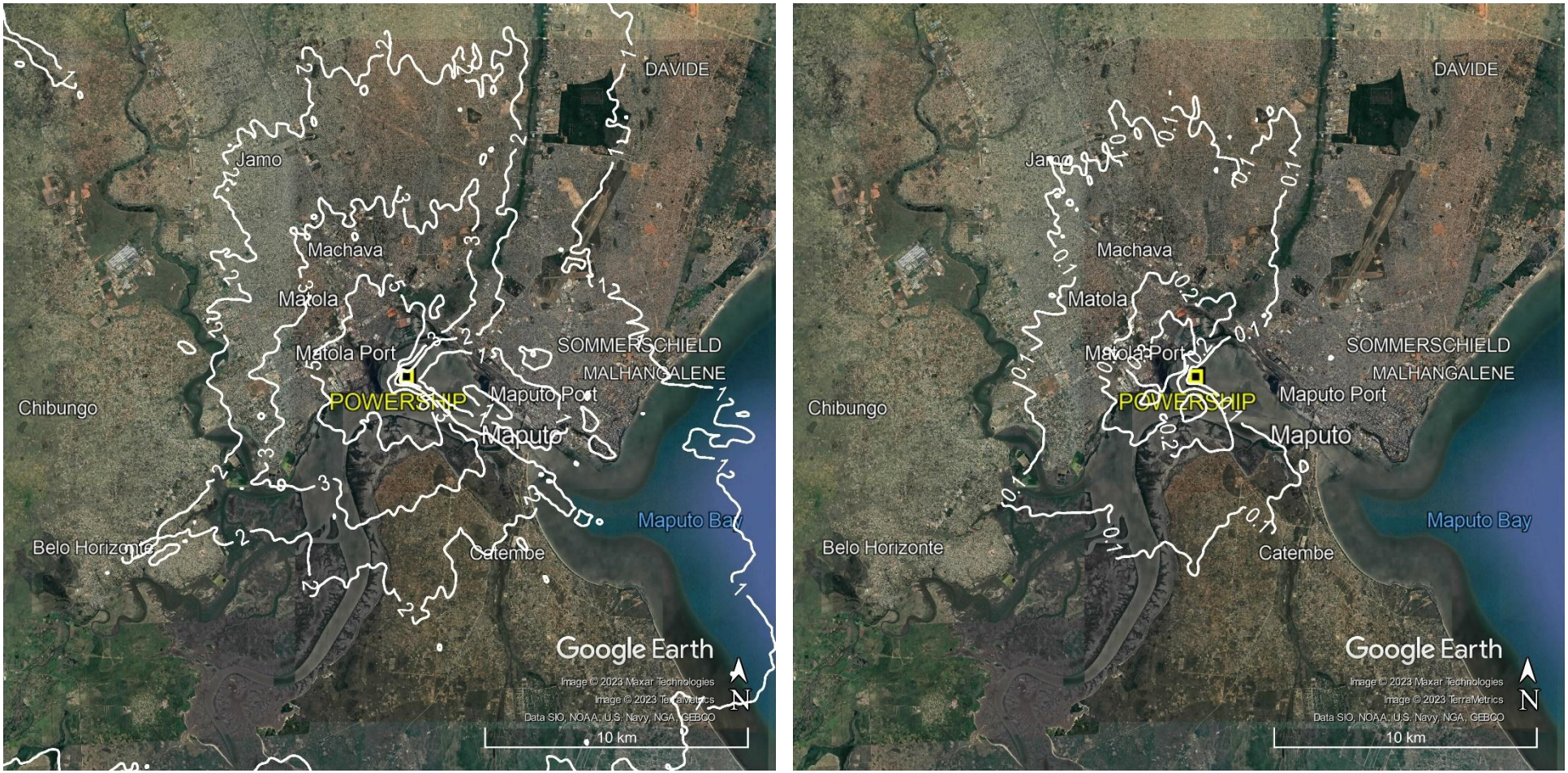


Figura 8-2: O percentil 99 previsto das concentrações de SO_2 ambiente de 24 horas para o Projecto do Powership em µg/m^3. O Cenário 1 – Padrões de Emissões de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 – Concentrações de Emissões do Powership é apresentado à direita.

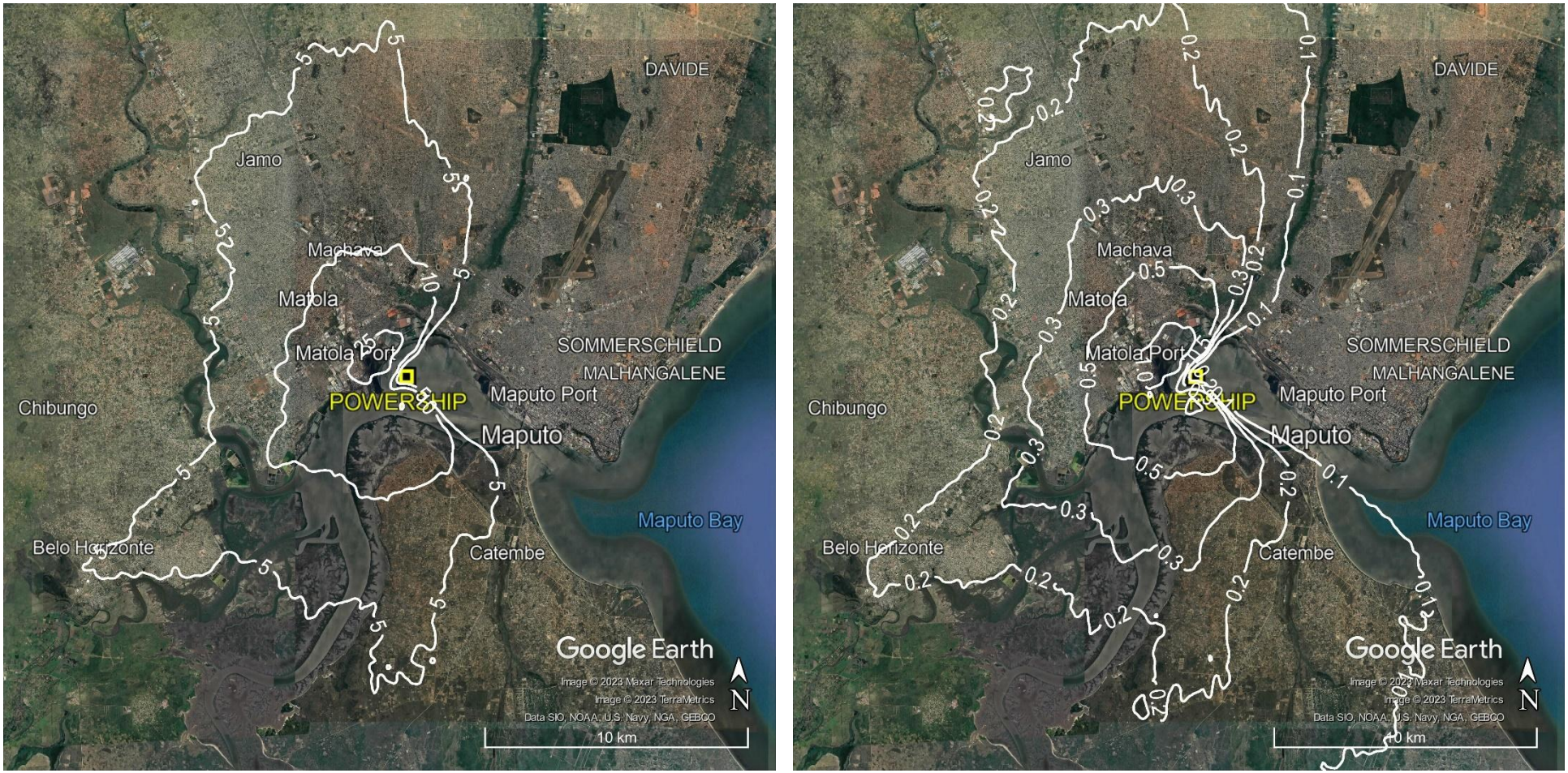


Figure 8-3: O percentil 99 previsto das concentrações de SO_2 ambiente de 1 hora para do Projecto do Powership em µg/m^3. O Cenário 1 – Padrões de Emissões de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 – Concentrações de Emissões do Powership é apresentado à direita.

8.5.2. Concentrações previstas de NO_2

Concentrações ambientais máximas previstas

As concentrações máximas previstas anuais e de 1 hora de *NO_2* resultantes das emissões do Projecto do Powership são apresentadas juntamente com os padrões de qualidade do ar ambiente de Moçambique e as directrizes de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial para o Cenário 1 – Normas de Emissão de Moçambique e Cenário 2 – Concentrações de Emissões do Powership na Tabela 8-4.

Tabela 8 4: Concentrações máximas previstas de NO_2 ambiente juntamente com os padrões de qualidade do ar ambiente de Moçambique (Decreto 67/2010) e as directrizes de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial (IFC, 2007)

Poluente	Tempo média	Concentração ambiente prevista (µg/m³)		Directriz (µg/m³)	
		Cenário 1 - Normas de Emissão de Moçambique	Cenário 2 - Concentrações de Emissão do Powership	Moçambique	IFC/ Banco Mundial
NO_2	Anual	**11.5**	4.5	10	40[1]
	1 hora	**285**	110.8	190	200[1]
1: WHO (2005): Diretriz					

Concentrações médias anuais

A dispersão de *NO_2* é predominantemente ao Norte, Norte-Noroeste, Sul e Sudoeste do Powership (Figura 8-4) devido aos ventos predominantes de Sul, Sul-Sudeste, Norte e Nordeste (Figura 8-43). As concentrações previstas excedem o padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique para o Cenário 1 – Padrões de Emissões de Moçambique, mas são baixas e bem abaixo do padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique e da directriz de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial para o Cenário 2 – Concentrações de Emissões do Powership (Figura 8-4). As concentrações ambientais máximas previstas ocorrem aproximadamente 1,3 km a Noroeste do Powership, entre o Terminal do Porto da Matola e a Área Principal da Salina.

Para o Cenário 1 – Padrões de Emissões de Moçambique, o padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique é excedido em uma área relativamente pequena, cobrindo partes da infraestrutura ferroviária e a Área Principal da Salina.

Concentrações de 1 hora

O percentil 99 previsto das concentrações de *NO_2* ambiente de 1 hora excede tanto o padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique quanto a directriz de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial para o Cenário 1 – Padrões de Emissão de Moçambique, mas estão abaixo do padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique e do IFC/ Directriz de qualidade do ar ambiente do Banco Mundial para o Cenário 2 – Concentrações de Emissões do Powership (Figura 8-46). As concentrações ambientais máximas previstas ocorrem aproximadamente 1,3 km a Noroeste do Powership, entre o Terminal do Porto da Matola e a Área Principal da Salina.

Para o Cenário 1 – Normas de Emissões de Moçambique, a norma de qualidade do ar ambiente de Moçambique e a directriz de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial é excedida em uma área relativamente grande, cobrindo partes da Matola, o Terminal Portuário da Matola, a Área Principal da Salina e uma pequena área a Sul do Powership.

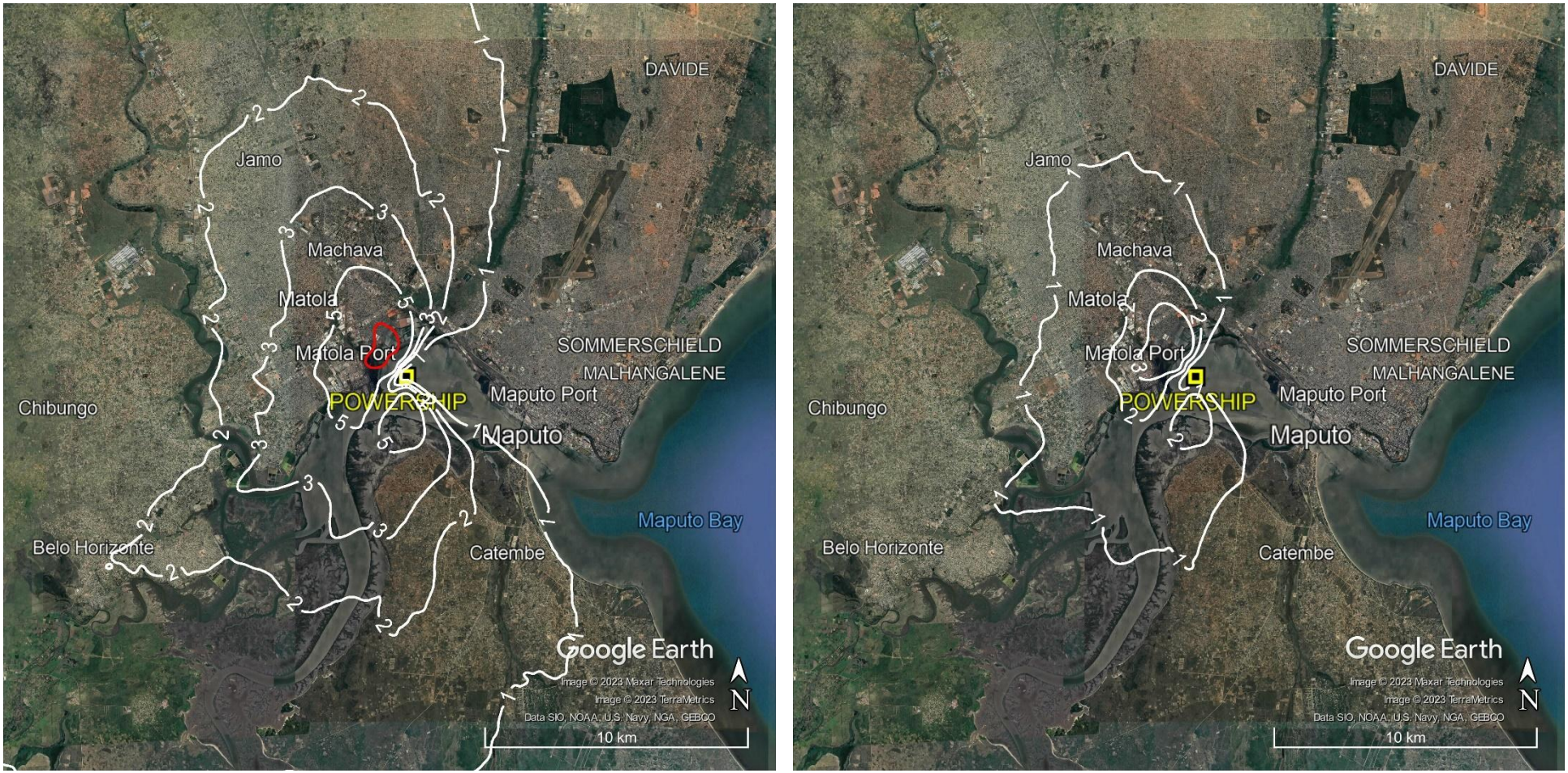


Figura 8-4: Concentrações ambientais anuais previstas de NO_2 para o Projecto do Powership em µg/m^3.

O Cenário 1 – Padrões de Emissões de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 – Concentrações de Emissões do Powership é apresentado à direita.

O padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique (10 µg/m^3) é indicado pela linha vermelha.

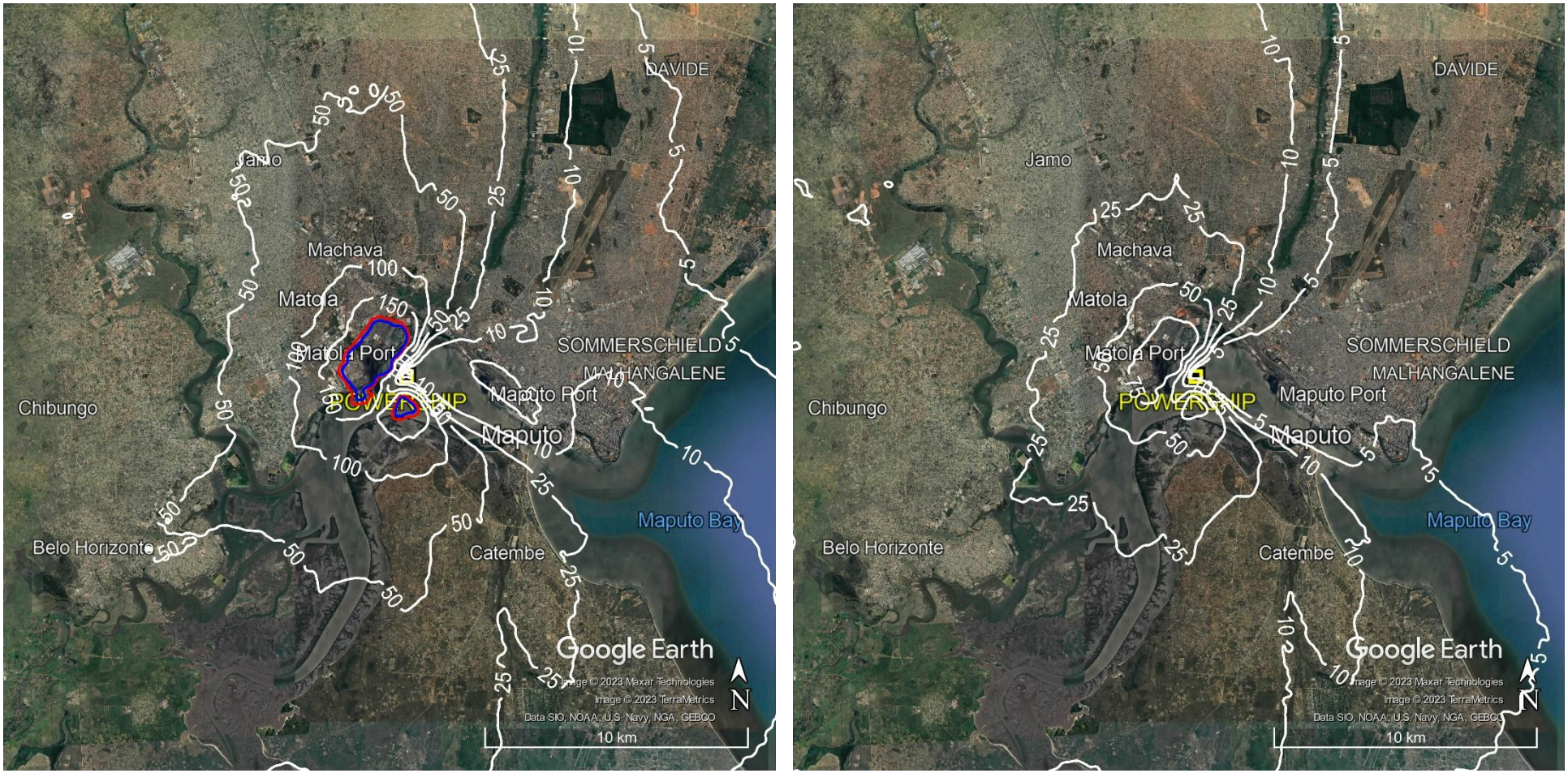


Figura 8-5: O percentil 99 previsto das concentrações de NO_2 ambiente de 1 hora para o Projecto do Powership em µg/m³. O Cenário 1 – Padrões de Emissões de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 – Concentrações de Emissões do Powership é apresentado à direita.

O padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique (190 µg/m³) é indicado pela linha vermelha e a directriz de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial (200 µg/m³) é indicada pela linha azul

8.5.3. Concentrações previstas de PM_{10}

Concentrações ambientais máximas previstas

As concentrações máximas previstas anuais e de 24 horas de PM_{10} resultantes das emissões do Projecto do Powership são apresentadas juntamente com os padrões de qualidade do ar ambiente de Moçambique e a directriz de qualidade do ar ambiente da IFC/Banco Mundial para o Cenário 1 – Padrões de Emissão de Moçambique e Cenário 2 – Concentrações de Emissões do Powership na Tabela 8-5.

Tabela 8-5: Concentrações ambientais máximas previstas de PM_{10} juntamente com os padrões de qualidade do ar ambiente de Moçambique (Decreto 67/2010) e as directrizes de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial (IFC, 2007)

Poluente	Tempo média	Concentração ambiente prevista (µg/m³)		Directriz (µg/m³)	
		Cenário 1 - Normas de Emissão de Moçambique	Cenário 2 - Concentrações de Emissão do Powership	Moçambique	IFC/ Banco Mundial
PM_{10}	Anual	1.6	0.3	60[1]	70[2]
	24-horas	13.1	2.3	150[1]	150[2]

1: Partículas
2: WHO (2005): Alvo provisório 1

Concentrações médias anuais

A dispersão de *PM_{10}* é predominantemente ao Norte, Norte-Noroeste, Sul e Sudoeste do Powership (Figura 8-7) devido aos ventos predominantes de Sul, Sul-Sudeste, Norte e Nordeste (Figura 6-3). As concentrações previstas são baixas e bem abaixo do padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique e da directriz de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial para ambos os cenários de emissão. As concentrações ambientais máximas previstas ocorrem aproximadamente 1,3 km a Noroeste do Powership, entre o Terminal do Porto da Matola e a Área Principal da Salina.

Concentrações de 24 horas

O percentil 99 previsto das concentrações de PM_{10} ambiente de 24 horas é baixo e bem abaixo do padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique e das directrizes de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial para ambos os cenários de emissão (Figura 8-8). As concentrações ambientais máximas previstas ocorrem aproximadamente 1,3 km a Noroeste do Powership, entre o Terminal do Porto da Matola e a Área Principal da Salina.



Figura 8-6: Concentrações anuais previstas de PM_{10} no ambiente para o Projecto do Powership em µg/ m^3.

O Cenário 1 - Padrões de Emissão de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 - Concentrações de Emissão do Powership é apresentado à direita.



Figura 8-7: O percentil 99 previsto das concentrações de PM_{10} no ambiente em 24 horas para o Projecto do Powership em µg/m3. O Cenário 1 - Padrões de Emissão de Moçambique é apresentado à esquerda e o Cenário 2 - Concentrações de Emissão do Powership é apresentado à direita.

8.5.4. Concentrações previstas de CO

Concentrações máximas previstas no ambiente

As concentrações máximas previstas de CO no ar ambiente durante 1 hora resultantes das emissões do Projecto do Powership são apresentadas juntamente com a directriz de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial para o Cenário 2 - Concentrações de Emissões do Powership na Tabela 8-6. O Cenário 1 - Normas de Emissões de Moçambique não foi modelado, uma vez que não existem normas de emissões de CO em Moçambique.

Tabela 8-6: Concentrações máximas previstas de CO no ambiente, juntamente com as directrizes de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial (IFC, 2007)

Poluente	Tempo de média	Concentração prevista no ambiente (µg/m³)		Directrizes (µg/m³)	
		Cenário 1 - Normas de Emissão de Moçambique	Cenário 2 - Concentrações de emissões do Powership	Moçambique	IFC/Banco Mundia
CO	1 hora	Não modelado	173.1		35 000

Concentrações de 1 hora

A dispersão do CO é predominantemente a Norte, Norte-Noroeste, Sul e Sudoeste do Powership (Figura 8-9) devido aos ventos predominantes de Sul, Sul-Sudeste, Norte e Nordeste (Figura 6-3). O percentil 99 previsto para as concentrações de CO no ar ambiente durante 1 hora é baixo e muito inferior às directrizes de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial para o Cenário 2 - Concentrações de emissões do Powership. As concentrações ambientais máximas previstas ocorrem a cerca de 1,3 km a Noroeste do Powership, entre o Terminal Portuário da Matola e a Área principal da salina.

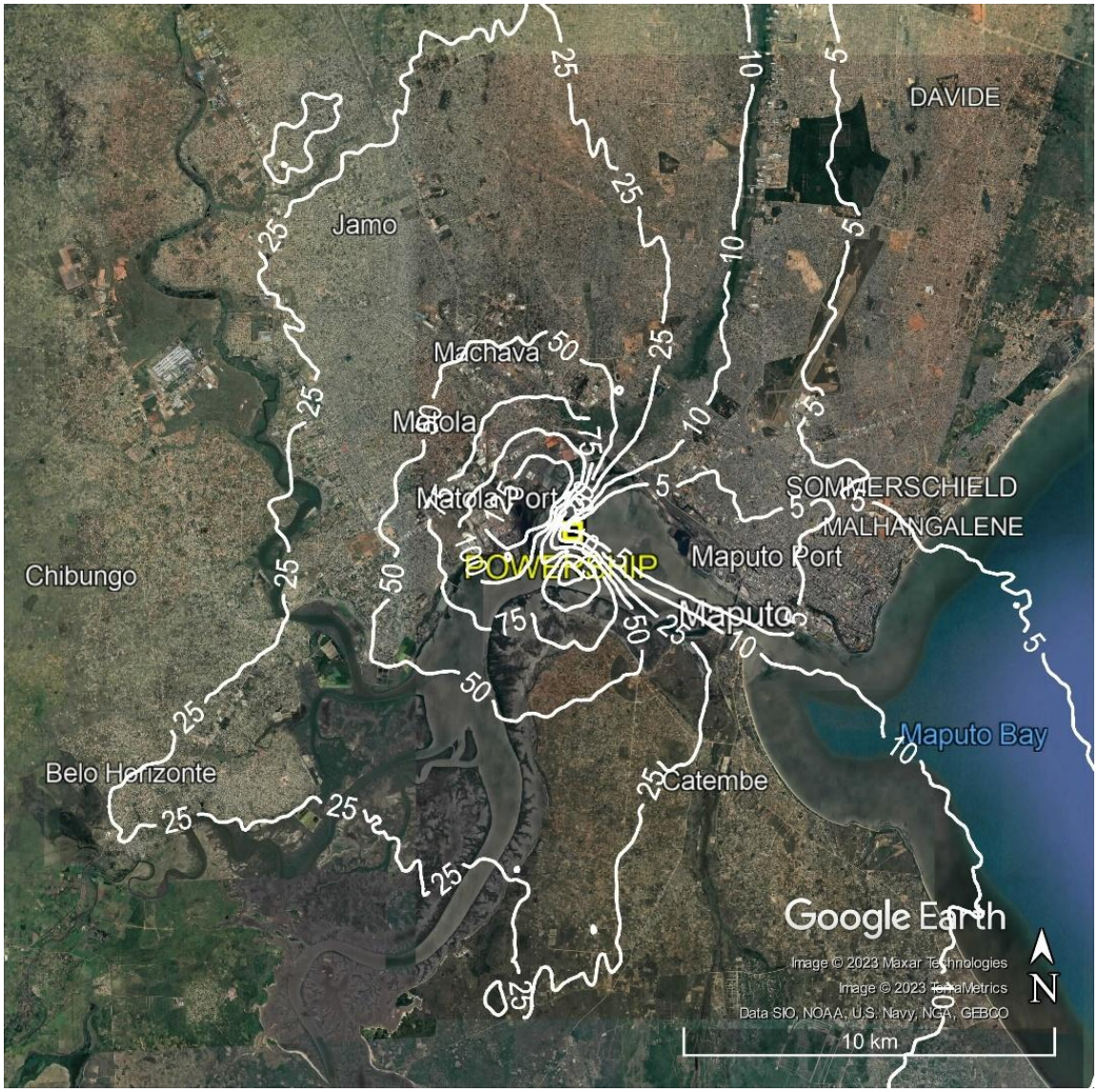


Figure 8-8: O percentil 99 previsto das concentrações de CO no ambiente durante 1 hora para o Projecto do Powership em µg/m3.

É apresentado o Cenário 2 - Concentrações de Emissões do Powership.

9. AVALIAÇÃO DE IMPACTO

9.1. Metodologia de avaliação do impacto

A previsão e a avaliação dos impactos na qualidade do ar têm em conta os seguintes elementos:

- Determinação da natureza e do tipo de impacto;
- Previsão da magnitude dos impactos (consequências do projecto no ambiente natural e social) tendo em conta a sensibilidade dos recursos ambientais ou dos receptores humanos;
- Consideração da probabilidade (verosimilhança) do impacto potencial;
- Determinação do significado (ou importância) dos impactos, estabelecendo a relação entre a magnitude e a probabilidade de cada impacto;
- Desenvolvimento de medidas de mitigação para evitar/prevenir, minimizar ou gerir (reabilitar, compensar) os impactos; e
- Avaliação dos impactos significativos residuais após a aplicação das medidas de mitigação.

Os tipos de impactos e a terminologia utilizada na avaliação são descritos na Tabela 9-1.

Tabela 9-1: Natureza e tipo de impacto

Natureza do impacto	
Positivo	Um impacto que se considera representar uma melhoria em relação à situação de referência ou que introduz uma mudança positiva.
Negativo	Um impacto que se considera representar uma alteração adversa em relação à situação de referência ou que introduz um novo factor indesejável.
Tipo de impacto	
Impacto Directo	Impactos que resultam de uma interacção directa entre uma actividade do projecto prevista e o meio receptor/receptores (por exemplo, entre a ocupação de um sítio e os habitats pré-existentes, ou entre uma descarga de efluentes e a qualidade da água receptora).
Impacto indirecto	Impactos que resultam de outras actividades que são incentivadas devido ao projecto (por exemplo, a imigração para fins de emprego que coloca um aumento da exploração de recursos). Os impactos indirectos também podem ser designados por impactos induzidos ou secundários.
Impacto Cumulativo	O impacto pode ser amplificado quando se combinam os impactos potenciais de outros projectos/actividades de terceiros existentes e/ou futuros que afectam os mesmos recursos e/ou receptores que o projecto.

A análise dos dados de base permitiu avaliar e descrever a forma como o projecto poderá afectar a qualidade do ar. A significância do impacto é uma função da magnitude do impacto e da probabilidade de ocorrência do impacto.

A magnitude (ou gravidade) do impacto é uma função da extensão, duração e intensidade do impacto, que se baseia no juízo profissional e na experiência dos especialistas. Os critérios utilizados para determinar a significância estão resumidos na Tabela 9-2. A previsão tem em conta as medidas de mitigação que podem ser parte integrante do projecto.

Tabela 9-2: Critérios de significância

MAGNITUDE DO IMPACTO	
Extensão	**No local -** limitado à área directa de perturbação e à sua envolvente imediata. **Local -** afecta uma área num raio de até 10 km em redor do local do projecto. **Regional** - afectam recursos ambientais importantes a nível regional ou são sentidos a uma escala regional determinada por fronteiras administrativas, tipo de habitat/ecossistema, por exemplo, a nível provincial. **Nacional -** impactos que afectam recursos ambientais importantes a nível nacional ou que afectam uma área importante a nível nacional ou que têm consequências macroeconómicas. **Transfronteiriço/Internacional** - impactos que afectam recursos importantes a nível internacional, tais como áreas protegidas por convenções internacionais.
Duração	**Temporário -** prevê-se que os impactos sejam de curta duração e intermitentes/ocasionais (normalmente menos de 1 ano). **Curto prazo -** impactos que se prevê que durem entre 1 e 5 anos. **Médio prazo** – impactos que se prevê que durem entre 5 e 10 anos. **Longo prazo -** impactos que durarão mais de 10 anos e cessarão quando o projecto deixar de funcionar. **Permanente -** impactos que causam uma mudança permanente no receptor ou recurso afectado (por exemplo, remoção ou destruição de habitat ecológico) que perdura substancialmente para além do tempo de vida do projecto.
Intensidade	**AMBIENTE BIOFÍSICO:** A intensidade pode ser considerada em termos da sensibilidade do receptor da biodiversidade (ou seja, habitats, espécies ou comunidades). **Negligenciável -** o impacto no ambiente não é detectável. **Baixo -** o impacto afecta o ambiente de tal forma que as funções e processos naturais não são materialmente afectados. **Médio -** quando o ambiente afectado é alterado, mas as funções e processos naturais continuam, embora de forma modificada. **Elevado -** quando as funções ou processos naturais são alterados ao ponto de cessarem temporária ou permanentemente.
	AMBIENTE-SOCIOECONÓMICO: A intensidade pode ser considerada em termos da capacidade das pessoas/comunidades afectadas pelo projecto para se adaptarem às alterações provocadas pelo projecto. **Negligenciável**- não há alterações perceptíveis nos meios de subsistência das pessoas. **Baixa** - as pessoas/comunidades podem adaptar-se com relativa facilidade e manter os meios de subsistência anteriores ao impacto. **Médio** - as pessoas/comunidades adaptam-se com alguma dificuldade e mantêm os meios de subsistência anteriores ao impacto, mas apenas com algum apoio. **Elevado** - As pessoas/comunidades afectadas não conseguirão adaptar-se às mudanças e não continuarão a manter os meios de subsistência anteriores ao impacto.
PROBABILIDADE DE IMPACTO	
Improvável	O impacto é improvável, mas pode ocorrer em algum momento durante as condições normais de funcionamento.
Provável	O impacto é susceptível de ocorrer em qualquer momento durante as condições normais de funcionamento.

MAGNITUDE DO IMPACTO	
Definitivo	O impacto ocorrerá em algum momento durante as condições normais de funcionamento.

Uma vez determinada uma classificação para a magnitude e a probabilidade, a matriz de risco (Tabela 9-3) é utilizada para determinar a importância do impacto para os impactos positivos ou negativos. Os níveis de significância são definidos na Tabela 9-4.

Tabela 9 3: Matriz de risco

		PROBABILIDADE		
		Improvável	Provável	Definitivo
MAGNITUDE	Negligenciável	Negligenciável	Negligenciável	Negligenciável
	Baixo	Negligenciável	Menor	Menor
	Médio	Menor	Moderado	Moderado
	Alto	Moderado	Importante	Importante

Tabela 9-1: Níveis de significância

Negligenciável	O recurso ou receptor não será afectado de forma alguma por uma determinada actividade, ou o efeito previsto é considerado imperceptível ou indistinguível dos níveis de referência naturais.
Menor	O efeito será sentido, mas a magnitude é suficientemente baixa e está bem dentro dos padrões aceites, e/ou o receptor é de baixa sensibilidade/valor/vulnerabilidade/importância.
Moderado	Dentro dos limites e normas aceites. No caso dos impactos moderados, a tónica é colocada na demonstração de que o impacto foi reduzido para um nível tão baixo quanto razoavelmente praticável (ALARP). Isto não significa necessariamente que os impactos "moderados" tenham de ser reduzidos a impactos "menores", mas que os impactos moderados estão a ser geridos de forma eficaz e eficiente.
Importante	Um limite ou norma aceite pode ser ultrapassado ou podem ocorrer impactos de grande magnitude em recursos/receptores altamente valorizados/sensíveis. Um dos objectivos do rastreio ambiental é chegar a uma posição em que o projecto não tenha quaisquer impactos residuais importantes, certamente não aqueles que perdurariam a longo prazo ou se estenderiam por uma grande área. No entanto, em relação a alguns aspectos, podem existir impactos residuais importantes depois de esgotadas todas as opções de mitigação viáveis (ou seja, quando se aplica o princípio ALARP). Um exemplo pode ser o impacto visual de um projecto. Cabe então às entidades reguladoras e às partes interessadas ponderar esses factores negativos em relação aos factores positivos, como o emprego, para tomar uma decisão sobre o projecto.

Uma vez determinada a significância do impacto, é importante qualificar o grau de confiança na avaliação. A confiança na previsão está associada a quaisquer incertezas, por exemplo, quando a informação é insuficiente para avaliar o impacto. O grau de confiança pode ser expresso como Baixo, Médio ou Alto.

A metodologia para a avaliação dos impactos apresentada na Secção 9.1 é aplicada às fases de construção e de operação do Projecto do Powership.

9.2. Impactos na fase de construção

As infraestruturas em terra necessárias para o projecto serão construídas ou as infraestruturas existentes serão doadas. A maioria das actividades de preparação do local e de construção gera poeiras ou partículas. A estimativa das emissões de partículas provenientes da construção requer informações sobre a natureza e a duração das actividades, bem como sobre o equipamento e os veículos. Por conseguinte, as emissões de poeiras provenientes da construção não foram estimadas para o Projecto do Powership.

As actividades de construção terão uma duração relativamente curta. Os poluentes são libertados perto do nível do solo ou do mar, com pouca ou nenhuma flutuabilidade. Isto implica que a sua dispersão é inibida e que os impactos potenciais ocorrem no local de construção ou perto dele. As poeiras de construção são geralmente grosseiras e os impactos são a precipitação de poeiras que se manifestam como um incómodo e não como um problema de saúde. Prevê-se, portanto, que a intensidade do impacto associado à actividade de construção seja baixa. Existe a probabilidade de os impactos ocorrerem perto do local. A importância do impacto da construção sem mitigação é, por conseguinte, menor.

O impacto pode ser atenuado através da humidificação das áreas de construção não pavimentadas. Com medidas de controlo das poeiras, a intensidade do impacto pode ser reduzida para negligenciável e os impactos são improváveis. A significância do impacto da construção com mitigação é negligenciável. As características do impacto associadas à actividade de construção sem e com mitigação são apresentadas na Tabela 9-5.

Tabela 9-5: Avaliação do impacto da construção sem e com mitigação

Natureza do impacto		
Negativo	A deposição de poeira acumula-se nas superfícies.	
Tipo de Impacto		
Impacto Directo	As poeiras são geradas directamente pelas actividades de construção.	
Impacto Cumulativo	A deposição de poeiras provenientes de outras actividades na zona, como a agricultura e a actividade portuária, pode ser amplificada quando combinada com os potenciais impactos das actividades de construção.	
Magnitude do impacto		
	Sem mitigação	**Com mitigação**
Duração	Temporário	Temporário
Extensão	No local	No local
Intensidade	Baixa	Negligenciável
Magnitude	Baixa	Negligenciável
Probabilidade	Provável	Improvável
Significância	Menor	Negligenciável

9.3. Impactos na fase de operação

Cenário 1 - Normas de Emissão de Moçambique

Deve-se notar que o Cenário 1 é um cenário hipotético e é usado apenas para demonstrar os impactos se as chaminés no Powership fossem baseadas nos limites regulamentares de Moçambique e para comparação com o Cenário 2. O Cenário 1 não é um cenário que será implementado pelo Powership. Por conseguinte, não é efectuada uma avaliação do impacto do funcionamento da instalação para o Cenário 1.

Cenário 2 - Concentrações de emissões do Powership

Presume-se que o Projecto do Powership funcione 24 horas por dia no Cenário 2 - Concentrações de Emissões do Powership, o que implica que emitirá partículas, NOX, SO_2 e CO durante todo o tempo em que estiver em funcionamento. A consequência directa das emissões é um aumento das concentrações ambientais destes poluentes, que se manterá durante o tempo de vida da operação.

Uma comparação das concentrações ambientais previstas com as normas de qualidade do ar ambiente de Moçambique e as directrizes de qualidade do ar ambiente da IFC/Banco Mundial são as seguintes:

- As concentrações anuais previstas de SO_2 e de 1 hora são muito baixas e bem abaixo do padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique.
- As concentrações de SO_2 previstas para 24 horas são muito baixas e bem abaixo do padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique e da directriz de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial.
- As concentrações anuais previstas de NO_2 são baixas e bem abaixo do padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique e da directriz de qualidade do ar ambiente da IFC/Banco Mundial.
- As concentrações de NO_2 previstas para 1 hora estão bem abaixo do padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique e da directriz de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial.
- As concentrações previstas anuais e de 24 horas de PM_{10} são muito baixas e muito abaixo dos padrões de qualidade do ar ambiente de Moçambique e das directrizes de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial.
- As concentrações de CO previstas para 1 hora são muito baixas e muito abaixo da directriz de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial.

Avaliação do impacto do Cenário 2 - Concentrações de emissões do Powership

A avaliação do impacto para o funcionamento do Powership com a mitigação do projecto para o Cenário 2 é apresentada na Tabela 9-6. Devido às concentrações ambientais previstas para o NO_2 (que estão abaixo dos padrões de qualidade do ar ambiente de Moçambique e das directrizes de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial) e às concentrações ambientais previstas muito baixas para o SO_2, PM_{10} e CO, é improvável que ocorram impactos. Espera-se que a intensidade do impacto seja insignificante, uma vez que as concentrações previstas de NO_2, SO_2, PM_{10} e CO não excedem os padrões de qualidade do ar ambiente de Moçambique e as directrizes de qualidade do ar ambiente da IFC/Banco Mundial em qualquer parte da área de estudo. A magnitude dos impactes associados ao aumento das concentrações de SO_2, NO_2, PM_{10} e CO no ambiente devido às emissões do Powership é, portanto, negligenciável. A significância é, por conseguinte, negligenciável. Estão previstas medidas de mitigação para manter os níveis de SO_2 e NO_2 a níveis aceitáveis,

o que foi claramente demonstrado pelos resultados da modelação da dispersão. Não são necessárias outras medidas de mitigação.

Tabela 9-2: Avaliação do impacto do funcionamento da instalação com mitigação do projecto para o Cenário 2 - Concentrações de emissões do Powership

Natureza do impacto	
Negativo	Exposição a poluentes atmosféricos (SO_2, NO_2, PM_{10} e CO)
Tipo de impacto	
Impacto directo	O aumento da concentração ambiente de SO_2, NO_2, PM_{10} e CO é um resultado directo das emissões de poluentes gasosos e particulados provenientes da combustão de GN para produção de energia.
Impacto cumulativo	O SO_2, NO_2, PM_{10} e CO estão presentes na atmosfera ambiente em resultado de outras fontes, mas as concentrações ambientais são relativamente baixas. As emissões do Projecto do Powership aumentarão as concentrações ambientais de SO_2, NO_2, PM_{10} e CO.
Magnitude do impacto	
Duração	Longo prazo
Extensão	Local
Intensidade	**Negligenciável**
Magnitude	**Negligenciável**
Probabilidade	Improvável
Significância	**Negligenciável**

10. RECOMENDAÇÕES PARA MITIGAÇÃO

10.1. Construção

A principal preocupação no que respeita à fase de construção é a produção de poeiras no local. Embora se preveja que o impacto seja pouco significativo, as medidas de mitigação e gestão para reduzir as emissões e o impacto consistem na aplicação de regras no local.

São propostas as seguintes medidas de mitigação e gestão:

i. Umedecimento de áreas de construção não pavimentadas;
ii. Cobrir cargas em veículos que transportam materiais de construção empoeirados;
iii. Limitar o acesso ao canteiro de obras apenas para veículos de construção;
iv. Evitar retirada desnecessária de vegetação do canteiro de obras e revegetar o mais rápido possível;
v. Aplicar restrições estritas à velocidade dos veículos.

10.2. Operação

A principal preocupação para a fase de operação é a geração de altos níveis de SO_2 e NOX no ambiente. Medidas de mitigação do projecto estão em vigor para manter os níveis de SO_2 e NO_2 em níveis aceitáveis e isso foi claramente demonstrado com os resultados da modelação de dispersão. Nenhuma mitigação adicional é necessária.

11. RESUMO E CONCLUSÃO

Os potenciais impactos na qualidade do ar ambiente do Projecto do Powership proposto foram avaliados para as fases de construção e operação. Os impactos para a fase de construção foram avaliados qualitativamente. O modelo de dispersão CALPUFF aprovado pela US-EPA foi usado para prever as concentrações ambientais de SO_2, NO_2, PM_{10} e CO resultantes do Powership para a fase operacional. Dois cenários de emissão foram considerados:

Cenário 1 - Normas de Emissão de Moçambique

Cenário 2 - Concentrações de Emissões do Powership

Impactos da Construção:

A poeira da construção é geralmente grosseira e os impactos são partículas de poeira que se apresentam como um incómodo e não como um problema de saúde. Assim, prevê-se que a intensidade do impacto associado à actividade de construção seja baixa. Há uma probabilidade de ocorrência de impactos próximos ao local. A significância do impacto da construção sem mitigação é, portanto, menor. Com medidas de controle de poeira, a significância do impacto pode ser reduzida a insignificante.

Impactos da Operação:

As concentrações modeladas de SO_2, PM_{10} e CO são geralmente muito baixas em relação ao padrão de qualidade do ar ambiente de Moçambique e às directrizes de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial para Cenário 1 e Cenário 2. As concentrações modeladas de NO_2 ambiente de 1 hora excedem a qualidade do ar ambiente padrão de Moçambique e a directriz de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial em algumas grandes áreas próximas e ao redor do Powership para o Cenário 1 – Padrões de Emissões de Moçambique, mas estão abaixo do padrão e da directriz para o Cenário 2 – Concentrações de Emissões do Powership.

Deve-se notar que o Cenário 1 é um cenário hipotético e é usado apenas para demonstrar impactos se as chaminés no Powership forem baseadas nos limites regulatórios de Moçambique e para comparação com o Cenário 2. O Cenário 1 não é um Cenário que será implementado pelo Karpowership.

Com relação ao Cenário de Emissões 2, é improvável que ocorram impactos. Espera-se que a intensidade do impacto seja insignificante uma vez que as concentrações previstas de NO_2, SO_2, PM_{10} e CO não excedem os padrões de qualidade do ar ambiente de Moçambique e as directrizes de qualidade do ar ambiente do IFC/Banco Mundial em qualquer lugar na área de estudo. Espera-se, portanto, que a magnitude dos impactos associados ao aumento das concentrações ambientais de SO_2, NO_2, PM_{10} e CO devido às emissões do Powership seja insignificante. A significância é, portanto, insignificante. Medidas de mitigação do projecto estão em vigor para manter os níveis de SO_2 e NO_2 em níveis aceitáveis e isso foi claramente demonstrado com os resultados da modelação de dispersão. Nenhuma mitigação adicional é necessária.

De acordo com os resultados da modelação de dispersão e avaliação do impacto na qualidade do ar para o Cenário 2 - Concentrações de Emissões do Powership, espera-se que o projecto proposto e a infraestrutura associada tenham impactos ambientais relativamente baixos sem mitigação adicional e é improvável que resulte em danos prejudiciais ao meio ambiente durante o período operacional. Em termos de padrões de emissão de Moçambique para novas Centrais termoeléctricas, também é importante notar que cada uma das chaminés do Powership é estimada em gerar 4,3 kg de SO_2, o que é substancialmente inferior ao padrão de emissão de SO_2. A concentração de emissão de partículas e NOX para cada uma das chaminés do Powership também está abaixo dos padrões de emissão de Moçambique. Portanto, é uma opinião razoável

que o projecto proposto deve ser autorizado considerando os resultados desta avaliação de impacto. Também é recomendado que as medidas de mitigação de poeira propostas para a construção sejam implementadas para limitar os impactos negativos.

REFERÊNCIAS

CCINFO (1998): The Canadian Centre for Occupational Health and Safety database. http://ccinfoweb.ccohs.ca visited on 21 July 2003.

DDA Environmental Engineers (2013): Air Quality Baseline survey – Final Report, Environmental and Social Impact Assessment of the Proposed Expansion of the Central Térmica of Maputo, Mozambique, Report No MCCGTB-AQR02, January 2013.

Hurley, P. (2000): Verification of TAPM meteorological predictions in the Melbourne region for a winter and summer month. Australian Meteorological Magazine, 49, 97-107.

Hurley, P.J., Blockley, A. and Rayner, K. (2001): Verification of a prognostic meteorological and air pollution model for year-long predictions in the Kwinana industrial region of Western Australia. Atmospheric Environment, 35(10), 1871-1880.

Hurley, P.J., Physick, W.L. and Ashok, K.L. (2002): The Air Pollution Model (TAPM) Version 2, Part 21: summary of some verification studies, CSIRO Atmospheric Research Technical Paper No. 57, 46 p.

International Finance Corporation (IFC) (2007): Environmental, Health, and Safety Guidelines, General EHS Guidelines: Environmental - Air Emissions and Ambient Air Quality, 20 April 2007.

International Finance Corporation (IFC) (2017): Environmental, Health, and Safety Guidelines, Thermal Power Plants, Draft for Second Public Consultation, May/June 2017.

WHO (1997): Environmental Health Criteria 188 Oxides of Nitrogen. Second edition. Available: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc188.htm (accessed August 2014).

World Health Organisation (WHO) (1999): Guidelines for Air Quality, World Health Organisation, http://www.who.int/peh/air/Airqualitygd.htm

World Health Organisation (WHO) (2000): Air Quality Guidelines for Europe, 2nd Edition, World Health Organisation, ISBN 92 890 1358 3.

World Health Organisation (WHO) (2005): WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide, Global update 2005, Summary of risk assessment, WHO/SDE/PHE/OEH/06.02.

.

EE-8

HAZID &HAZOP



HAZID & HAZOP

Relatório de: KPS15 & KPS16

Nome do Cliente:

Karpowership

Relatório no.: 1

Projecto no.: 2304 0055

Revisão no.: Versião 1

29 Março 2024

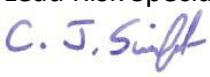
Sumário

HAZID & HAZOP

Classificação de segurança deste relatório: Confidencial para o cliente

Relatório n°:	Revisão n°:	Data do Relatório : 29 Março August 2023
1	Version 1	
Elaborado por:	Revisto por:	Aprovado por:
Erik Vroegrijk Senior Risk Advisor	Chris Swift Lead Risk Specialist	Alex Pedgrift Hazard, Risk and Reliability Manager







Nome registra do:	Lloyd’s Register Advisory Services B.V.
Número de Registro :	29592 R
Departamento:	Hazard, Risk and Reliability
Endereço Registrado:	71 Fenchurch Street, London, EC3M 4BS, UK
Endereço para correspondência:	Lloyd’s Register Advisory Services B.V. Lloyd’s Register Global Technology Centre, Hampshire House, Hampshire Corporate Park, Southampton, Hampshire, SO53 3RY, UK
Contacto:	Erik Vroegrijk M: +4478-0574-6394 E: erik.vroegrijk@lr.org

©Lloyd’s Register Advisory Services B.V. 2023

Controlo de Documentos

Histórico de Revisões

N° de Revisão	Data	Revisão
DRAFT1	26/07/2023	DRAFT Emitido para revisão do cliente
1	21/08/2023	Relatório Final

O conteúdo deste relatório destina-se à informação confidencial do cliente e dos membros do Lloyd's Register Group.

O Lloyd's Register e as suas variantes são nomes comerciais do Lloyd's Register Group Limited, das suas subsidiárias e afiliadas. O Lloyd's Register EMEA (Reg. n.º 29592 R) é uma Industrial and Provident Society registada em Inglaterra e no País de Gales. Sede registada: 71 Fenchurch Street, Londres, EC3M 4BS, Reino Unido. Membro do grupo Lloyd's Register.

O Lloyd's Register Group Limited, as suas filiais e subsidiárias e os seus respectivos funcionários, empregados ou agentes são, individual e colectivamente, referidos nesta cláusula como "Lloyd's Register". O Lloyd's Register não assume qualquer responsabilidade e não poderá ser responsabilizado perante qualquer pessoa por qualquer perda, dano ou despesa causados pela confiança na informação ou aconselhamento contidos neste documento ou de qualquer outra forma fornecidos, a menos que essa pessoa tenha assinado um contrato com a entidade relevante do Lloyd's Register para o fornecimento dessa informação ou aconselhamento e, nesse caso, qualquer responsabilidade ou obrigação é exclusivamente nos termos e condições estabelecidos nesse contrato.

©Lloyd’s Register Advisory Services B.V. 2023

Lista de abreviaturas

ACB	Análise da camada de protecção
AG	Arranjo geral
ALE	Acoplamento de libertação de emergência
AM	Água do Mar
ANA (A)	Alarme de nível alto (alto-alto)
ANB (B)	Alarme de nível baixo (baixo-baixo)
AP	Alta pressão
APA (A)	Alarme de pressão alta (alta-alta)
APB (B)	Alarme de pressão baixa (baixa-baixa)
AQR	Avaliações quantitativas de riscos
AR	Avaliação de riscos
ATA	Alarme de temperatura alta
ATB	Alarme de temperatura baixa
C&E	Causas e Efeitos
CFT	Circuito fechado de televisão
CI	Combate a incêndios
CICENTGLG	Código Internacional para a Construção e o Equipamento dos Navios que Transportam Gases Liquefeitos a Granel
CM	Casa das máquinas
DFP	Diagrama de fluxo do processo
DT&I	Diagrama de tubagem e instrumentação
EM	Especialista da matéria
EP	Encerramento do processo
EPI	Equipamento de protecção do individual
FAI	Fonte de Alimentação Ininterrupta
FMA	Frequência muito alta
GA	Glicol Água
GE	Gás de Ebulição
GN	Gás natural
GNL	Gás natural liquefeito

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

HAZID	Hazard Identification (Identificação do perigo)
HAZOP	Hazard and Operability (Perigo e Operacionalidade)
HST	Higiene e Segurança no Trabalho
IE	Interrupção de emergência
LNGC	Transportador de gás natural liquefeito
LNGC	Transportador de gás natural liquefeito
MPCPD	Milhões de pés cúbicos padrão por dia
NN	Navio a navio
OMI	Organização Marítima Internacional
PC	Protecção catódica
PCP	Perda de contenção primária
RGC	Rampa de gás compacta
RL	Registo Lloyd's
SCAM	Sistema de controlo, alarme e monitorização
SCC	Sistema de contenção de carga
SGS	Sistema de gestão da segurança
STC	Sistema de transferência de custódia
STE	Sistema de tráfego de embarcações
STS	Sistemas de trabalho seguros
TAF	Teste de aceitação de fábrica
TBQRP	Tão baixo quanto razoavelmente praticável
TE "E se"	Técnica estruturada " E se"
UFAR	Unidade flutuante de armazenamento e regaseificação
VCP	Válvula de controlo da pressão
VLP	Válvula de libertação de pressão

©Lloyd’s Register Advisory Services B.V. 2023

Sumário executivo[1]

A pedido do Karpowership, a equipa de Perigos, Riscos e Fiabilidade (PRF) do Lloyd's Register (LR) organizou dois seminários de meio dia nos dias 13 e 14 de Junho de 2023 para finalizar as fichas de trabalho HAZID e HAZOP para os Powerships KPS15 e KPS16. Antes do início do seminário, o Lloyd's Register emitiu um documento de Termos de Referência (ToR).

Os navios KPS15 e KPS16 estão a ser convertidos de centrais eléctricas flutuantes alimentadas a fuelóleo pesado (HFO) para gás natural (GN). Um estudo inicial HAZID e HAZOP foi efectuado anteriormente. Paralelamente, as centrais KPS22 e KPS23 foram submetidas a um processo semelhante, tendo os seus riscos sido igualmente avaliados pelo LR. Ambos os relatórios referenciados foram amplamente utilizados nos seminários HAZID e HAZOP finais para o KPS15 e o KPS16, assegurando a coerência das salvaguardas aplicadas e promovendo o projecto através da inclusão de todas as lições aprendidas. O seminário HAZID analisou o projecto do sistema de fornecimento de gás natural aos motores a bordo do KPS15 e do KPS16. Além disso, analisou os aspectos dos sistemas de geração eléctrica.

A participação de todos os participantes nas discussões dos seminários HAZID e HAZOP foi boa e o ambiente foi de colaboração. Este facto permitiu que as questões fossem discutidas abertamente, com pontos de vista e preocupações expressos livremente. Todos os participantes compreenderam bem o estado do projecto final e trabalharam arduamente para garantir que todas as salvaguardas e recomendações tinham sido incluídas.

O ónus de monitorizar e pôr em prática as recomendações do HAZID e do HAZOP cabe aos criadores do sistema. A manutenção de um registo de acção específico de todas as recomendações é considerada uma boa prática e, muitas vezes, ajuda muito no processo de aprovação. O registo deve mostrar como os objectivos da recomendação serão cumpridos e incluir uma justificação sólida para os métodos utilizados. Se, durante o processo de concepção, tiverem sido excluídos quaisquer métodos ou soluções, vale a pena registá-los no registo, bem como a respectiva justificação.

Em geral, a concepção foi considerada muito madura, com uma série de salvaguardas implementadas. Embora existam riscos médios associados ao projecto, estes podem ser razoavelmente considerados como inerentes aos sistemas que utilizam gás natural. Devido às suas características, o gás natural tem um potencial significativo para causar danos em caso de fugas e incêndios, embora as probabilidades associadas sejam muito pequenas, quase invariavelmente a gravidade potencial das consequências leva a que os riscos se enquadrem na categoria média. Globalmente, a equipa HAZID e HAZOP considerou os riscos observados mitigados ao nível mais baixo razoavelmente praticável (TBQRP).

O Lloyd's Register Group Limited, as suas filiais e subsidiárias e os seus respectivos funcionários, empregados ou agentes são, individual e colectivamente, referidos nesta cláusula como "Lloyd's Register". O Lloyd's Register não assume qualquer responsabilidade e não poderá ser responsabilizado perante qualquer pessoa por qualquer perda, dano ou despesa causados pela confiança na informação ou aconselhamento contidos neste documento ou de qualquer outra forma fornecidos, a menos que essa pessoa tenha assinado um contrato com a entidade relevante do Lloyd's Register para o fornecimento dessa informação ou aconselhamento e, nesse caso, qualquer responsabilidade ou obrigação é exclusivamente nos termos e condições estabelecidos nesse contrato.

[1] Lloyd's Register e suas variantes são nomes comerciais do Lloyd's Register Group Limited, suas subsidiárias e afiliadas. O Lloyd's Register EMEA (Reg. n.º 29592 R) é uma Industrial and Provident Society registada em Inglaterra e no País de Gales. Sede registada: 71 Fenchurch Street, Londres, EC3M 4BS, Reino Unido. Um membro do grupo Lloyd's Register.

©Lloyd’s Register Advisory Services B.V. 2023

Índice

1. INTRODUÇÃO 8

1.1 ANTECEDENTES 8
1.2 ÂMBITO 8
1.3 INFORMAÇÕES SOBRE A CONCEPÇÃO 8

2. HAZID 9

2.1 OBJECTIVOS 9
2.2 METODOLOGIA 9

3. HAZOP 11

3.1 OBJECTIVOS 11
3.2 METODOLOGIA 11

4. PARTICIPANTES 12

5. RESULTADOS 13

5.1 CONSIDERAÇÕES E PRESSUPOSTOS 13
5.2 HAZID 13
5.3 HAZOP 15

6. DISCUSSÃO 17

7. REFERÊNCIAS 18

Apêndice 1 Planilha de Trabalho HAZID

Apêndice 2 Planilha de trabalho HAZOP

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

1. INTRODUÇÃO

A pedido do Karpowership, a equipa de Perigos, Riscos e Fiabilidade do Lloyd's Register (LR) EMEA organizou 2 seminários de meio dia nos dias 13 e 14 de Junho de 2023 para finalizar as fichas de trabalho HAZID e HAZOP para os Powerships KPS15 e KPS16. Antes do início do seminário, o Lloyd's Register emitiu um documento com os Termos de Referência (ToR) [1].

1.1 Antecedentes

As KPS15 e KPS16 estão a ser convertidas de centrais eléctricas flutuantes alimentadas a fuelóleo pesado (HFO) para centrais eléctricas alimentadas a gás natural (GN). Um estudo inicial de HAZID e HAZOP foi efectuado anteriormente, ver [2]. Paralelamente, o KPS22 e o KPS23 foram submetidos a um processo semelhante, tendo os seus riscos sido avaliados em [3]. Ambos os relatórios referenciados foram amplamente utilizados nos workshops HAZID e HAZOP finais para o KPS15 e o KPS16, assegurando a consistência das salvaguardas aplicadas e promovendo a concepção através da inclusão de todas as lições aprendidas.

1.2 Âmbito

O seminário HAZID analisou a concepção do sistema de abastecimento de gás natural aos motores a bordo do KPS15 e do KPS16. Além disso, analisou aspectos dos sistemas de produção de electricidade.

Embora as actividades criminosas e terroristas estivessem fora do âmbito desta avaliação de risco e fossem da competência do Estado de bandeira e do Estado do porto, considerou-se uma boa prática discutir e incluir quaisquer medidas de mitigação que a tripulação pudesse tomar de forma segura e rápida, o que poderia limitar as potenciais consequências relacionadas com estas actividades.

1.3 Informações sobre a concepção

Foi fornecido um conjunto completo de desenhos para o KPS15 e o KPS16, sendo a principal diferença identificada as salas de baterias nos porões 5 e 6 a bordo do KPS15. Em todos os outros aspectos, salvo indicação em contrário durante os seminários, os navios foram considerados idênticos.

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

2. HAZID

2.1 Objectivos

Os objectivos do estudo HAZID foram os seguintes:

- Identificar os perigos, em particular a forma como podem ser concretizados (o que pode correr mal e como?). Foram considerados todos os riscos aplicáveis, bem como cenários não planeados e de emergência relacionados com a construção, instalação, colocação em funcionamento e operação dos equipamentos e sistemas relevantes.
- Compreender as consequências razoavelmente previsíveis destes perigos, incluindo a identificação de eventos de perda de contenção e avaliar o nível de risco.
- Rever as salvaguardas do sistema e as medidas de controlo para garantir a sua adequação e compreender que medidas adicionais podem ser tomadas para eliminar ou reduzir ainda mais o nível de risco, seguindo os princípios TBQRP, a deteção e o controlo de potenciais problemas, bem como uma resposta de emergência adequada..
- Criar um registo das acções e recomendações para trabalhos suplementares adicionais.

2.2 Metodologia

O estudo HAZID (Identificação do Perigo) seguiu uma técnica de lista de verificação e "E se?" estruturada (SWIFT), com base na experiência de LR com orientação das seguintes fontes:

BS ISO 31000: 2018, Gestão de Riscos - Princípios e Directrizes [4]

BS ISO 31010: 2019, Gestão de Riscos - Técnicas de Avaliação de Riscos [5]

Os seminários HAZID foram facilitados por um especialista experiente em riscos de LR, que também redigiu as actas.

Foram aplicados avisos HAZID e cenários "E se?" preparados antes dos seminários, iniciando e incentivando debates sobre possíveis eventos que podem conduzir a um evento não planeado. Estes avisos baseavam-se em experiências anteriores e indicavam os tipos de perigos que se pensava serem aplicáveis.

Identificação de perigos e causas

Os possíveis perigos foram identificados através da aplicação das palavras-guia da lista de controlo. Quando um evento potencial credível era identificado, a equipa HAZID considerava as possíveis causas que poderiam conduzir a esse evento.

Avaliação das consequências

As consequências de cada cenário perigoso identificado foram analisadas pela equipa HAZID e seguiu-se um debate para estabelecer as consequências razoavelmente previsíveis do "pior caso".

Avaliação das salvaguardas e recomendações de concepção

Para obter uma lista coerente de recomendações de concepção, a equipa da HAZID fez uma distinção entre as salvaguardas exigidas pelas Regras e Regulamentos e as medidas normalmente aplicadas na indústria que são efectivamente opções de conceção. Estas últimas foram incluídas nas recomendações de projecto e assumidas como implementadas na atribuição da classificação do risco.

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Classificação dos riscos

Para facilitar a compreensão do nível de risco associado a um perigo específico, foram atribuídas uma consequência e uma probabilidade e comparadas com a matriz de risco da Figura 1, que foi fornecida pela Karpowership. Esta matriz fornece uma classificação do risco que pode ser comparada com os critérios de aceitação definidos. O objectivo é, em primeiro lugar, ajudar a determinar a necessidade de salvaguardas adicionais e, em segundo lugar, identificar o tipo de salvaguardas necessárias (caso existam).

A matriz identifica três zonas de risco:

Risco elevado (intolerável) - Este nível de risco não pode ser justificado. O perigo deve ser eliminado, substituído ou devem ser implementados controlos para reduzir o risco para níveis toleráveis.

Risco médio (tolerável) - Este nível de risco só pode ser tolerado se for demonstrado que é tão baixo quanto razoavelmente praticável (TBQRP). Este facto pode ser demonstrado através de uma análise que avalie se a aplicação de medidas de atenuação do risco é proporcional à redução do risco que estas medidas podem alcançar.

Risco baixo (amplamente aceitável) - Este nível de risco não precisa de demonstrar TBQRP, no entanto, é uma boa prática implementar medidas para reduzir ainda mais o risco, sempre que possível. Os riscos devem ser revistos periodicamente para garantir que se mantêm nesta região.

Para demonstrar a existência de um nível TBQRP, os riscos Elevado e Médio suscitaram novas discussões sobre se as salvaguardas existentes e as recomendações de concepção eram suficientes; ou se era necessário identificar camadas adicionais de protecção.

Consequências					Aumento da probabilidade			
Classificação de severidade	Pessoas	Activos	Ambiente	Reputação	A	B	C	D
					Ocorrido na indústria de E&P	Ocorreu na empresa de exploração	Ocorreu várias vezes por ano na empresa de operações	Ocorreu várias vezes por ano no local
0	Lesões Zero	Danos Zero	Efeitos Zero	Impacto Zero	L	L	L	L
1	Ferimento Ligeiro	Danos Ligeiro	Efeitos Ligeiro	Impacto Ligeiro	L	L	L	L
2	Ferimento menor	Danos menores	Efeito menor	Impacto limitado	L	L	M	M
3	Lesão grave	Danos locais	Efeito local	Impacto considerável	L	M	M	H
4	Fatalidade ligeira	Danos graves	Efeito importante	Impacto nacional importante	M	M	H	H
5	Múltiplas fatalidades	Danos extensos	Efeito maciço	Grande impacto internacional	M	H	H	H

Figura 20: Critérios de aceitação de riscos

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

3. HAZOP

3.1 Objectivos

Os objectivos do estudo HAZOP (Perigo e Operacionalidade) foram os seguintes:

- Identificar quaisquer riscos de operacionalidade associados ao sistema.
- Compreender como o sistema pode funcionar fora dos parâmetros de conceção previstos.
- Rever as salvaguardas de concepção existentes.
- Fazer recomendações quando necessário.

3.2 Metodologia

Um estudo HAZOP é uma técnica metódica utilizada para identificar perigos e problemas operacionais associados a um processo ou à integração de um projecto noutro sistema. Foi realizado em conformidade com a norma BS IEC 61882- 2016, Estudos de perigos e operacionalidade (estudos HAZOP) [6].

O sistema foi dividido em nós, com palavras-guia (por exemplo, Alto, Baixo, Não) aplicadas a parâmetros (por exemplo, Fluxo, Temperatura, Pressão) para produzir uma lista abrangente de como poderia funcionar fora da sua concepção prevista. As consequências foram determinadas e avaliadas tendo em consideração quaisquer salvaguardas incluídas na concepção dos sistemas.

O processo foi o seguinte:

Desvio - O desvio foi determinado pela aplicação da palavra-guia e do parâmetro aos elementos do nó. A equipa discutia se o desvio era possível e só o avaliava se assim o considerasse.

Causas - A equipa estabeleceu possíveis causas para o desvio, se as consequências do desvio fossem insignificantes o processo era terminado neste ponto (isto era registado na folha de trabalho).

Consequências - A equipa considerou amplamente as consequências que resultaram em danos para as pessoas e/ou para o ambiente.

Salvaguardas - Foram discutidas as salvaguardas existentes no projecto, no desenho de C&E e nos manuais de operação, em particular a sua robustez e adequação. Uma HAZOP não é um fórum para a concepção/reconcepção de salvaguardas, pelo que quaisquer aditamentos ou alterações às mesmas foram registados nas acções de "acompanhamento".

Recomendações - Foram sugeridas se fossem necessárias informações adicionais ou estudos de apoio sobre o projecto/ salvaguardas.

Acções - Ao longo do HAZOP , foi recolhida uma lista de acções e das pessoas responsáveis pelas mesmas.

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

4. PARTICIPANTES

A participação e a experiência das sessões dos seminários HAZID e HAZOP foram registadas na Tabela 1.

Nome	Empresa	Função	Papel	13-Jun	14-Jun	Qualificações / Experiência
ERIK VROEGRIJK	LR HRR	Consultor de Risco Sénior	Facilitador e escrivão	Sim	Sim	https://www.linkedin.com/in/erik-vroegrijk-12490713/
ERCAN KAPLAN	Karpowership	Gestor de Projecto, investimento Powership	SME	Sim	Sim	https://www.linkedin.com/in/ercankaplan/
KIVANÇ KARAKURT	Karpowership	Gestor Assistente de Project, Marítimo	SME	Sim	Sim	https://www.linkedin.com/in/k%C4%B1van%C3%A7-karakurt-6b564a70/
AHMET ŞERBETÇİ	Karpowership	Gesttor de Projecto, Estaleiro Karmarine	SME	Sim	Sim	https://www.linkedin.com/in/ahmet-serbetci- 74a56ab1/
TUĞÇE DÜZGÜN	Karpowership	Gestor Assistente de Design, Investimento Powership	SME	Sim	Sim	https://www.linkedin.com/in/tu%C4%9F%C3%A7e-d%C3%BCzg%C3%BCn-77618356/
CEM DALGIÇ	Karpowership	Gestor Assistente de Projecto, Elétrico Investimento em energia eléctrica	SME	Sim	Sim	https://www.linkedin.com/in/cem-dalgi%C3%A7-58282456/
HAMDULLAH ÇETİN	Karpowership	Engenheiro de Projecto, Marítimo	SME	Sim	Sim	https://www.linkedin.com/in/hamdullah-cetin-9b845492/
CÜNEYT ZEBEK	Karpowership	Técnico de Projecto, Construção	SME	Sim	Sim	
ELİF BÜŞRA ŞENER	Karpowership	Engenheiro de Projecto	SME	Sim	Sim	https://www.linkedin.com/in/elif-b%C3%BC%C5%9Fra-%C5%9Fener/
GÜVEN KÜTÜKÇÜ	Karpowership	Assistente de direcção de Projecto, Construção	SME	Sim	Sim	
MURAT AYVAZ	Karpowership	Coordenador de Investimentos de Powership e Centrais Eléctricas	SME	Sim	Sim	https://www.linkedin.com/in/murat-ayvaz-159a7321/
EMRAH ŞİŞLİ	Karpowership	Gestor de Projecto, preparação do local	SME	Sim	Sim	https://www.linkedin.com/in/emrah-sisli-365606128/
MAHİR DADAŞ	Karpowership	Gestor de Projeto, operações técnicas mecânicas	SME	Sim	Não	https://www.linkedin.com/in/mahir-dada%C5%9F-1b8b434a/

Table 1: HAZID and HAZOP workshop attendance

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

5. RESULTADOS

5.1 Considerações e pressupostos

O projecto das modificações de HFO para GN para os KPS15 e KPS16 foi concluído antes da realização dos seminários. Tomando nota dos relatórios HAZID e HAZOP iniciais, bem como dos relatórios relativos ao KPS22 e ao KPS23, o seminário centrou-se em assegurar a aplicação de todas as salvaguardas e recomendações.

Tendo em conta que as áreas de implantação final do KPS15 e do KPS16 permanecem incertas, o seminário considerou um vasto leque de opções de implantação. Por conseguinte, alguns nós podem não ser relevantes para determinadas localizações ou configurações de sítios. Nos casos em que foram feitas recomendações específicas para locais anteriores, estas foram claramente assinaladas e incluídas nas observações.

5.2 HAZID

O HAZID considerou os seguintes tópicos:

1. Naútica.
2. Operacional.
3. Eventos extremos.
4. Perda de contenção.
5. Incêndio, explosão e asfixia.
6. Sistemas Electricoss.
7. Sistemas de combate a incêndios.
8. Emergências.

No total, foram identificados 67 perigos, ver Quadro 2, e os riscos associados foram classificados com base no pressuposto de que todas as recomendações de concepção seriam implementadas e todas as salvaguardas de concepção respeitadas. No total, 31 perigos pertencem à categoria de "risco tolerável", para a qual deve ser demonstrado o princípio TBQRP. A planilha HAZID completa está disponível no Apêndice 1.

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Consequências					Aumento da probabilidade			
Classificação de severidade	Pessoas	Activos	Ambiente	Reputação	A	B	C	D
					Ocorrido na indústria de E&P	Ocorreu na empresa de exploração	Ocorreu várias vezes por ano na empresa de operações	Ocorreu várias vezes por ano no local
0	Lesões Zero	Danos Zero	Efeitos Zero	Impacto Zero	2	1		
1	Ferimento Ligeiro	Danos Ligeiro	Efeitos Ligeiro	Impacto Ligeiro	6	10	2	
2	Ferimento menor	Danos menores	Efeito menor	Impacto limitado	5			
3	Lesão grave	Danos locais	Efeito local	Impacto considerável	10	7		
4	Fatalidade ligeira	Danos graves	Efeito importante	Impacto nacional importante	10	9		
5	Múltiplas fatalidades	Danos extensos	Efeito maciço	Grande impacto internacional	5			

Figura 21: Classificações de risco HAZID

As classificações de risco "5-A" mais elevadas (5 identificadas) estavam todas associadas ao potencial de causar danos a pessoas e incluíam o terrorismo, notando que os Powerships podiam ser considerados alvos de alto perfil. Os cenários de perigo identificados incluíam: sobrepressão do fornecimento de gás, explosão devido a uma grande libertação de gás inflamado, uma grande libertação de gás não inflamado que conduzisse à asfixia e pessoal incapaz de evacuar o navio em caso de emergência de incêndio de grandes dimensões. Para todos estes riscos identificados, foi implementado um grande número de salvaguardas bem estabelecidas e a equipa HAZID concluiu que foram mitigados ao nível tão baixo quanto razoavelmente praticável (TBQRP).

As classificações de risco "4-B" (9 identificadas) estavam associadas a danos nos activos (4 identificadas), danos na reputação (1 identificada) e danos nas pessoas (4 identificadas). A equipa HAZID observou que as alterações súbitas na procura em terra, tanto de aumento como de diminuição, poderiam potencialmente provocar danos nos motores. Do mesmo modo, uma falha na sincronização do navio com a rede em condições normais e anormais (pedido de sincronização rápida) também pode provocar danos no motor. Devido ao nível de protecção, considerou-se que os grandes disparos de avarias eléctricas têm impacto na reputação da empresa, em vez de provocarem directamente danos no equipamento. As classificações de risco "4-B", predominantemente associadas a danos nas pessoas (4 identificadas), consideraram todos atrasos ou ineficácia do combate a incêndios em vários locais (convés principal, casas das máquinas, oficina), bem como um incêndio não controlado no bloco de alojamento. Com base nas salvaguardas previstas, a equipa HAZID concluiu que estas foram mitigadas ao nível tão baixo quanto razoavelmente praticável (TBQRP).

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

5.3 HAZOP

Foram considerados três nós durante o HAZOP:

1. Abastecimento de gás ao Powership e sistema de gás de bordo.
2. Produção eléctrica (MT & AT).
3. Sistemas de baixa tensão.

Durante o HAZOP não foi efectuada a classificação dos riscos ou das questões operacionais e não foram identificados problemas significativos nos sistemas considerados. A planilha completa do HAZOP está disponível no Apêndice 2.

RR	Recomendação	Local(is) utilizado(s)	Responsabilidades	Comentários
	1. Para garantir que o funcionamento dos filtros RGC é continuamente monitorizado, incluir os alarmes de pressão diferencial baixa no DT&I.	HAZOP Consequências : 1.18.2.1	Karpowership	Sem mais comentários
L	2. Para minimizar a probabilidade de o pessoal caminhar inadvertidamente sob cargas suspensas nos porões dos motores em resultado dos níveis de ruído ambiente, o procedimento operacional para limitar as pessoas nos porões dos motores às que estão directamente envolvidas na operação de elevação	HAZID Consequências: 2.1.9.2.1	Karpowership	Sem mais comentários
L	3. Para minimizar, tanto quanto possível, o raio de acção de uma fuga gasosa directamente a montante da entrada do Powership, considerar a comunicação automática do fecho da válvula de entrada do Powership pelo IE com a UFAR.	HAZID Consequências : 4.1.2.1.1	Karpowership	Sem mais comentários
RR	Recomendação	Local(is) utilizado(s)	Responsabilidades	Comentários
	1. Para garantir que o funcionamento dos filtros CGR é continuamente monitorizado, incluir os alarmes de pressão diferencial baixa no P&ID.	HAZOP Consequências : 1.18.2.1	Karpowership	Sem mais comentários
L	2. Para minimizar a probabilidade de o pessoal caminhar inadvertidamente sob cargas suspensas nos porões dos motores em resultado dos níveis de ruído ambiente, o procedimento operacional para limitar as pessoas nos porões dos motores às que estão directamente envolvidas na operação de elevação	HAZID Consequências: 2.1.9.2.1	Karpowership	Sem mais comentários

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

L	3. Para minimizar, tanto quanto possível, o raio de acção de uma fuga gasosa directamente a montante da entrada do Powership, considerar a comunicação automática do fecho da válvula de entrada do Powership pelo ESD com a FSRU.	HAZID Consequências : 4.1.2.1.1	Karpowership	Sem mais comentários

Table 3: Recomendações HAZID e HAZOP

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

6. DISCUSSÃO[2]

A participação de todos os participantes nos debates dos seminários HAZID e HAZOP foi boa e o ambiente foi de colaboração. Este facto permitiu que as questões fossem discutidas abertamente, com pontos de vista e preocupações expressos livremente. Todos os participantes compreenderam bem o estado do projecto final e trabalharam arduamente para garantir que todas as salvaguardas e recomendações tinham sido incluídas.

O ónus de monitorizar e pôr em prática as recomendações do HAZID e do HAZOP cabe aos projectistas do sistema. Manter um registo de acção específico de todas as recomendações é considerado uma boa prática e, muitas vezes, ajuda muito no processo de aprovação. O registo deve mostrar como os objectivos da recomendação serão cumpridos e incluir uma justificação sólida para os métodos utilizados. Se, durante o processo de concepção, tiverem sido excluídos quaisquer métodos ou soluções, vale a pena registá-los no registo, bem como a respectiva justificação.

Em geral, a concepção foi considerada muito madura, com uma série de salvaguardas implementadas. Embora existam riscos médios associados ao projecto, estes podem ser razoavelmente considerados como inerentes aos sistemas que utilizam gás natural. Devido às suas características, o gás natural tem um potencial significativo para causar danos em caso de fugas e incêndios, embora as probabilidades associadas sejam muito pequenas, quase invariavelmente a gravidade potencial das consequências leva a que os riscos se enquadrem na categoria média. Globalmente, a equipa HAZID e HAZOP considerou os riscos observados mitigados ao nível mais baixo razoavelmente praticável (TBQRP).

[2] Lloyd's Register Group Limited, as suas subsidiárias e filiais e os respectivos responsáveis, empregados ou agentes são, individual e coletivamente, referidos nesta cláusula como "Lloyd's Register". O Lloyd's Register não assume qualquer responsabilidade e não poderá ser responsabilizado perante qualquer pessoa por qualquer perda, dano ou despesa causados pela confiança na informação ou aconselhamento contidos neste documento ou de qualquer outra forma fornecidos, a menos que essa pessoa tenha assinado um contrato com a entidade relevante do Lloyd's Register para o fornecimento dessa informação ou aconselhamento e, nesse caso, qualquer responsabilidade ou obrigação é exclusivamente nos termos e condições estabelecidos nesse contrato.

©Lloyd’s Register Advisory Services B.V. 2023

7. REFERÊNCIAS

[1] LR – *Terms of Reference – HAZID and HAZOP – KPS15 and KPS16* - Version 1 – 2304-0055 – 12 June 2023

[2] LR – *Initial HAZID/HAZOP study – South-Africa RMIPPPP* – Report 1, Version 2 – 2103-0065 – 15 June 2021

[3] LR – *KPS 22 & 23 HAZID & HAZOP* – Report R01 – 2204-0061 – 13 July 20222

[4] British Standards Publication - *Risk Management – Principles and Guidelines* - BS ISO 31000: 2018 - 2018

[5] British Standards Publication - *Risk Management – Risk Assessment Techniques* - BS ISO 31010: 2019 – 2019

[6] British Standards Publication - *Hazard and operability studies (HAZOP studies)* - BS IEC 61882-2016 - 2016

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

APÊNDICE 1 PLANILHA DE TRABALHO HAZID

Número	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
1. Náutico	E se tiver uma falha na amarração?	1.1.1.1. Condições meteorológicas, stress, má concepção, correntes, colisão	1.1.1.1.1. O KPS perde posição, acabando por ocorrer a rutura da mangueira/tronco com libertação de GN (Gás Natural) em caso de ignição, incêndio na zona em redor do KPS - pessoal exposto a radiações térmicas	2	1. Amarração de vários pontos 2. Estudo de amarração com base em factores de retorno de 100 anos e de segurança BV 3. Desligar e deslocar o KPS se se ocorrerem condições extremas. 4. Pontos fortes do navio e no fundo do mar. 5. Inspeção da amarração. 6. Paragem de emergência do fornecimento de gás. 7. Previsão meteorológica que permita avisar suficientemente o pessoal para se afastar dos conveses de amarração e do convés principal 8. Navios localizados perto de terra em águas abrigadas, regularmente atrás de quebra-mares de porto 9. Procedimentos de tempestade baseados na experiência operacional e condições locais	A	L	1. Não foi atribuída uma localização específica para os navios. Após a adjudicação do contrato, o HAZID será revisto para o tornar específico em termos de localização.	
			1.1.1.1.2. Retrocesso do cabo de amarração - atinge o KPS ou o pessoal	4	1. Amarração de vários pontos 2. Estudo de amarração com base em factores de segurança de retorno de 100 anos e BV 3. Desligar e deslocar o KPS se ocorrerem condições extremas. 4. Pontos de ligação de amarração fortes no navio e no fundo do mar. 5. Inspeção da amarração. 6. Proteção física (estrutura do navio) 7. Pessoal limitado na zona de amarração. 8. Previsão meteorológica que permita avisar suficientemente o pessoal para se afastar dos conveses de amarração e do convés principal 9. Navios localizados perto de terra em águas abrigadas, regularmente atrás de quebra-mares do porto 10. Procedimentos de tempestade baseados na experiência operacional e condições locais	A	M	1. Experiência da empresa com 36 Powerships atracados em vários locais do mundo	
				1	1. Amarração de vários pontos.	B	L		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
					2. Estudo de amarração com base em factores de segurança de retorno de 100 anos e BV				
					3. Desligar e deslocar o KPS se ocorrerem condições extremas.				
					4. Pontos de ligação de amarração fortes no navio e no fundo do mar.				
					5. Inspeção da amarração.				
					6. Proteção física (navio estrutura)				
					7. Pessoal limitado na zona de amarração.				
			1.1.1.1.3. A KPS perde a sua posição, acabando por danificar as linhas eléctricas até à costa (em caso de tensão excessiva) - as linhas podem partir-se.		8. Desligamento automático de sistemas de energia em condições de falha.				
					9. As linhas eléctricas aéreas são concebidas com folga, permitindo que o navio se desloque dentro do intervalo de amarração previsto.				
					10. As linhas eléctricas aéreas são concebidas com um desengate automático mecânico, ou seja, parafusos em U, que constituem o elo mais fraco.				
					11. Previsão meteorológica que permita avisar suficientemente o pessoal para se afastar dos conveses de amarração e do convés principal				
					12. Navios localizados perto da terra em águas abrigadas, regularmente atrás de quebra-mares do porto				
					13. Procedimentos de tempestade baseados na experiência operacional e nas condições locais				
			1.1.1.1.4. O KPS perde a sua posição, as linhas podem cair no mar (o navio desloca-se para a costa) - corrente forte para o mar	1	1. Amarração de vários pontos	B	L		
					2. Estudo de amarração com base em factores de segurança de retorno de 100 anos e BV				
					3. Se necessário, podem ser utilizadas as âncoras do próprio navio. Podem estar amarradas, mas deve haver tempo para as lançar antes de se verificarem condições meteorológicas adversas				
					4. Desligar e deslocar o KPS se ocorrerem condições extremas.				

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
					5. Pontos de ligação de amarração fortes no navio e no fundo do mar.				
					6. Inspeção da amarração.				
					7. Proteção física (estrutura do navio estrutura)				
					8. Pessoal limitado na zona de amarração.				
					9. Interrupção automática de sistemas de energia em condições de falha.				
					10. Previsão meteorológica que permita avisar suficientemente o pessoal para se afastar dos conveses de amarração e do convés principal				
					11. Navios localizados perto de terra em águas abrigadas, regularmente atrás de quebra-mares do porto				
					12. Procedimentos de tempestade baseados na experiência operacional e nas condições locais				
	E o que acontece se houver uma colisão de navios?	1.1.2.1. Perda de controlo do navio de um terceiro, mau tempo. Embarcação de abastecimento colide devido a um mau controlo.	1.1.2.1.1. Danos no KPS, que podem levar à falha da amarração (como acima)		1. Zona de exclusão.			1. Os navios de abastecimento são a única fonte realista de colisão	
					2. Controlo de navios de terceiros (Radar, APS, etc.)				
					3. Comunicações com navios de terceiros				
				2	4. Operação proposta em áreas remotas zonas remotas - longe das rotas marítimas, etc.	A	L		
					5. Velocidade de aproximação lenta do navio de abastecimento. Elevado nível de controlo.				
					6. Diferença substancial de tamanho entre a embarcação de abastecimento e a KPS15 / KPS16				
			1.1.2.1.2. Danos no KPS, que podem levar a inundações que podem resultar no afogamento de pessoas	4	1. Zona de exclusão	A	M	*1. RECOMENDAÇÃO ANTERIOR:* *Indicar num (Arranjo Geral) AG o nível de água de inundação mais elevado previsto nos porões do Powership, partindo do princípio de que o navio encalhou no HAT. Comparar este valor com as vias de evacuação disponíveis para confirmar a saída.* *Será efectuado mediante pedido da autoridade portuária local, se tal for considerado necessário*	

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
					2. Controlo de navios de terceiros (Radar, APS, etc.)			*2. RECOMENDAÇÃO ANTERIOR:* *Demonstrar, através de um cálculo de estabilidade, utilizando um modelo específico ou o computador de carga a bordo, quais os efeitos de um cenário de alagamento de um único porão, no que respeita à resistência, estabilidade e flutuabilidade. Efetuar um cálculo semelhante para um cenário de alagamento de um tanque de lastro. Estes cálculos podem ser partilhados com as autoridades portuárias, a pedido destas.* *Serão efectuados a pedido da autoridade portuária local, se tal for considerado necessário*	
					3. Comunicações com navios de terceiros.			3. Note-se que a probabilidade A é considerada demasiado elevada para uma inundação de porão que nunca aconteceu na história da Karpower. As salvaguardas são, por conseguinte, consideradas adequadas e o risco residual apresentado como ALARP	
					4. Operação proposta em áreas remotas - longe de rotas de navegação, etc.				
					5. Velocidade de aproximação lenta do navio de abastecimento. Elevado nível de controlo.				
					6. Portas de correr estanques entre os porões, limitando a inundação dos compartimentos danificados				
					7. O calado máximo é de 9 m, o que não é frequente (em condições de carga máxima). Casco duplo até 8,1 m acima da base através da tremonha de porão. Quando em funcionamento a gás, o calado máximo é de cerca de 6,0 m				
					8. Áreas com mais pessoal a 13,5 m acima da base				
					9. O pessoal só estará no nível superior do tanque durante as curtas rondas de inspeção de rotina				
			1.1.2.1.3. Possível poluição se os materiais (fuelóleo, água negra, etc.) forem libertados para o mar	3	1. Zona Exclusivo	A	L	1. Tanques de lastro convertidos em tanques de HFO, que só podem ser enchidos durante a produção de eletricidade, com base na isenção de bandeira	
					2. Controlo de navios de terceiros (Radar, APS, etc.)			2. Prevê-se um efeito local no ambiente	

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
					3. Comunicações com navios de terceiros.			3. É de notar que a probabilidade A é considerada demasiado elevada, uma vez que a inundação de um porão nunca aconteceu na história da Karpower. As salvaguardas são, por conseguinte, consideradas adequadas e o risco residual apresentado como ALARP	
					4. Operação proposta em áreas remotas - longe de rotas de navegação, etc.				
					5. Velocidade de aproximação lenta do navio de abastecimento. Elevado nível de controlo.				
					6. Barreiras de proteção contra derrames à volta do navio				
					7. Equipamento de limpeza de derrames				
					8. Os tanques de asas estão elevados acima da base, 16,5 m.				
	O que acontece se tiver movimentos excessivos do navio?	1.1.3.1. Condições meteorológicas extremas / estado do mar	1.1.3.1.1. Possível falha de amarração falha		1. Ver nó "Náutica - E se houver uma falha na amarração?"				
			1.1.3.1.2. As linhas de transporte de energia eléctrica têm problemas - entram em contacto com o mar, grande corrente para o mar		1. Paragem de emergência dos sistemas de energia (automática em condições de falha)				
					2. Monitorização das condições meteorológicas - paragem para evitar problemas.				
					3. Desativação automática dos motores se a inclinação e a rotação forem superiores a 3 graus				
				2	4. A projeção das linhas elétricas aéreas leva em conta as excursões máximas do Powership, incluindo os ângulos de rotação e inclinação.	A	L		
					5. As linhas eléctricas aéreas são desenhadas com um dispositivo mecânico de abertura automática, ou seja, parafusos em U, que constituem o elo mais fraco.				
					6. As linhas eléctricas são automaticamente isoladas no navio e em terra em caso de rompimento da linha				
			1.1.3.1.3. Tensão sobre o PLEM, se aplicável		1. A conceção do PLEM é mais "forte" do que os tirantes e deve manter-se estável nas condições mais extremas consideradas.			1. A classificação dos riscos só pode ser feita caso a caso, uma vez que é necessário conhecer o comprimento da conduta para avaliar a zona afetada	

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Node	Prompt	Causes	Consequences	C	Safeguards	P	RR	Remarks	Recommendations
					2. O PLEM situar-se-á normalmente fora do perímetro de excursão do navio de propulsão, a menos que análises pormenorizadas da amarração e do movimento provem que o PLEM pode estar mais próximo. Estas análises têm em conta o raio de curvatura máximo dos risers e a configuração da sua disposição.				
	O que acontece se a embarcação desenvolver uma inclinação estática excessiva?	1.1.4.1. Falha no controlo do sistema de lastro	1.1.4.1.1. Os motores foram concebidos para funcionar com um trim até 3 graus; se este valor for ultrapassado, os motores falharão (os sistemas auxiliares podem não funcionar)	1	1. Pontos de ligação de amarração fortes no navio e no fundo do mar. 2. O sistema de tensão na amarração pode ajustar a lista/guarnição. 3. Paragem dos motores. 4. No modo de gás, não haverá qualquer funcionamento significativo do balastro 5. A lastragem só é efectuada durante o modo HFO para compensar o consumo de combustível e manter o navio com a quilha nivelada	B	L	1. Durante o funcionamento da central eléctrica, o tratamento da água de lastro não é necessário, uma vez que o navio permanece no mesmo local.	
	O que acontece se for necessário aceder às zonas de exclusão?	1.1.5.1. Acesso a navios de abastecimento	1.1.5.1.1. Ver nó "Náutica - E se houver uma colisão de navios?"					1. Pode ser utilizado um navio de transferência de tripulação mais pequeno 2. Este risco tem de ser avaliado caso a caso quando se utilizam mangueiras flutuantes ou tubagens ascendentes de um PLEM	
	O que acontece se tiver um acesso não autorizado à zona de exclusão (quando o navio se encontra num cais)	1.1.6.1. Pessoas de terra tentam entrar no navio.	1.1.6.1.1. Danos no equipamento, furto.	1	1. Sistema de controlo de acesso e vedações (farpadas). 2. Frequentemente situados em zonas portuárias controladas	A	L		
2. Operacional	O que acontece se tiver um corte de energia no Powership?	2.1.1.1. Falhas do sistema devido ao estado do mar, falhas, sobrecarga, etc. Falha da linha eléctrica aérea (contacto com o mar, etc. - como no Nó 1). Falha da subestação - não pode exportar energia.	2.1.1.1.1. Perda total de energia no KPS - não há exportação de eletricidade.	1	1. Gerador de arranque (diesel) 2. Embarcação atracada, pelo que não há perda de posição. 3. Pode operar em modo de ilha com um motor operacional - fornecimento aos consumidores KPS. 4. Peças sobressalentes transportadas para reparação de linhas aéreas. 5. Baterias disponíveis para reiniciar os geradores em caso de corte de energia 6. Gerador de arranque disponível, que é de arranque automático	C	L	1. O tempo total de reinício após o corte da produção de eletricidade seria da ordem das horas (limite superior)	

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
			2.1.1.1.2. Possível instabilidade da rede local (em terra) em resultado da perda da alimentação principal de KPS. A religação pode ser difícil porque a tensão/frequência está fora dos intervalos.	1	1. Os procedimentos para o reinício podem incluir o isolamento da rede em terra para permitir a estabilização. 2. Controlo de reinício no KPS - sincronização com a rede.	C	L	1. O tempo para restabelecer o fornecimento dependerá do estado das redes em terra e do KPS. Não há danos para o pessoal ou para os activos. Apenas uma questão de disponibilidade de fornecimento. 2. O corte da rede terrestre só é necessário quando a central eléctrica é a principal ou a maior fonte de produção de energia 3. O item de revisão precisa de discutir a área de implantação	
		2.1.1.2. O sistema de deteção de gás funciona (falha ou fuga real de gás) e leva à paragem	2.1.1.2.1. Perda total de energia no KPS - não há exportação de eletricidade.	1	1. Alarme dos níveis de gás antes da viagem. (10%, 20% e 30%) 2. Ensaio de sensores. 3. Procedimentos de paragem de emergência.	A	L	1. O modo de funcionamento do gás é relativamente novo na empresa. Por conseguinte, não existem dados estatísticos disponíveis para avaliar se a probabilidade A é conservadora	
	O que acontece se tiver uma perda súbita de fornecimento de gás do FSRU / fornecimento em terra.	2.1.2.1. Falha da FSRU / falha da alimentação em terra (ESD, disparo, etc.)	2.1.2.1.1. Perda total de energia no KPS - não há exportação de eletricidade	1	1. Os sistemas de propulsão desligam-se automaticamente em caso de perda de pressão do gás (condição de segurança) 2. Condição de projeto do fecho da válvula de distribuição de gás para o Powership 3. Sensores de pressão na linha de alimentação e na linha do coletor 4. Redução automática da potência dos motores a gás quando a pressão desce abaixo do limiar, seguida de paragem automática	B	L	1. O modo de funcionamento a gás é relativamente recente na empresa. Por conseguinte, não existem dados estatísticos disponíveis. Probabilidade B com base num número crescente de aplicações FSRU na empresa	
	O que acontece se tiver uma falha de comunicação entre o navio-torpedeiro e a FSRU/terra?	2.1.3.1. Falha na ligação do rádio.	2.1.3.1.1. A operação continua.	0	1. Backup para comunicação - Ligações VHF. 2. A FSRU e o navio de propulsão têm ESDs independentes.	A	L		
	O que acontece se ocorrer uma falha na ligação ESD?	2.1.4.1. Ligação cortada.	2.1.4.1.1. A operação continua.	0	1. Backup para comunicação - Ligações VHF. 2. A FSRU e o navio de propulsão têm ESDs independentes.	A	L	1. A ligação ESD é entre a FSRU e o navio de transporte de energia	
	O que acontece se tiver uma falha no sistema de controlo?	2.1.5.1. Falha no sistema de controlo, o pessoal comete um erro no controlo do sistema.	2.1.5.1.1. Perda de controlo do sistema de produção de energia - possibilidade de funcionamento fora da gama normal, conduzindo a danos no equipamento.	2	1. Alarmes no equipamento com resposta do operador. 2. Formação e competência do pessoal operacional. 3. Redundância de sensores, CPU e equipamento de controlo crítico. 4. Bateria de reserva / UPS em sistemas críticos - permite o reinício após o encerramento.	A	L	1. Objectivos de fiabilidade fornecidos aos fornecedores de sistemas de controlo que concebem de acordo com os requisitos.	

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
					5. Os sistemas de gás e do motor são totalmente automáticos, sem possibilidade de substituição manual				
	O que acontece se os controlos manuais das válvulas forem pouco acessíveis / inacessíveis / de acesso inseguro?	2.1.6.1. Má concepção, iluminação fraca.	2.1.6.1.1. Lesões pessoais.	1	1. Os processos de conceção tendo em conta os da iluminação. 2. A conduta principal de gás está numa posição acessível. 3. As válvulas de fecho são de acionamento automático, sendo as válvulas manuais fornecidas adicionalmente 4. Em condições normais de funcionamento, o acesso ao equipamento é mínimo. 5. As actividades de manutenção são realizadas de acordo com as autorizações. 6. Acesso temporário, se necessário. 7. Iluminação temporária, se necessário.	B	L	1. Classificação dos riscos com base no acesso seguro	
	O que acontece se a equipa estiver distraída?	2.1.7.1. Vários alarmes a funcionar em simultâneo.	2.1.7.1.1. Pode não dar a resposta correcta a uma situação de insegurança devido a uma sobrecarga de informação.	1	1. Os sistemas ESD funcionam automaticamente. 2. A racionalização/priorização dos alarmes foi implementada para minimizar o risco de sobrecarga de alarmes	A	L		
	O que acontece se tiver perda de um utilitário?	2.1.8.1. Perda do sistema de vapor devido a uma avaria.	2.1.8.1.1. Menos energia gerada - questão operacional, sem perigos	1	1. Alarmes de processo 2. ESD se a falha for grave	B	L		
		2.1.8.2. Perda dos sistemas de água de arrefecimento / água do mar.	2.1.8.2.1. Potencial de sobreaquecimento do equipamento, conduzindo a uma avaria.	1	1. Redundância nos sistemas de arrefecimento - duas caixas de mar, bombas redundantes 2. Alarmes de processo 3. ESD se a falha for grave	B	L		
		2.1.8.3. Incrustação grave do sistema de arrefecimento	2.1.8.3.1. Potencial de sobreaquecimento do equipamento conducente a avaria.	1	1. Sistema anti-incrustante 2. Gaiola de tubarão nas arcas de mar (grelha exterior)	B	L		
		2.1.8.4. Perda do sistema de alimentação de ar de arranque (falha do compressor, fuga, falha do controlo)	2.1.8.4.1. Impossibilidade de arranque dos motores - tempo prolongado sem produção de energia ou com produção de energia reduzida	1	1. Alarmes de baixa pressão de ar 2. 100% de redundância no sistema de ar de arranque 3. Reparação dos sistemas	B	L		
		2.1.8.5. Perda do sistema de ar de instrumentação	2.1.8.5.1. As válvulas de controlo e ESD não atingem a posição de segurança. Paragem do sistema.	1	1. Alarmes de baixa pressão de ar 2. Redundância múltipla no sistema de ar para instrumentos.	B	L		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
	O que acontece se os níveis de ruído forem muito elevados?	2.1.9.1. Elevados níveis de ruído decorrentes do funcionamento da instalação.	2.1.9.1.1. Possíveis danos auditivos para os operadores	3	1. Proteção auditiva (EPI) 2. Suportes anti-ruído para o ruído transmitido pela estrutura 3. Isolamento acústico, se for caso disso 4. Em condições normais de funcionamento, as necessidades de acesso ao equipamento são mínimas.	A	L	1. É possível efetuar a manutenção do motor no mesmo porão onde estão a funcionar outros motores	
		2.1.9.2. Comunicação deficiente em zonas ruidosas	2.1.9.2.1. Podem cometer falhas e manobrar involuntariamente por baixo de uma carga suspensa	3	1. Auscultadores utilizados para comunicação. 2. Só o pessoal autorizado pode aceder às pontes rolantes 3. Os alarmes de deteção de gás e de incêndio são audíveis e visíveis	A	L	1. O porão das máquinas tem pontes rolantes, mas os alarmes de funcionamento podem não ser audíveis	2. Para minimizar a probabilidade de o pessoal caminhar inadvertidamente sob cargas suspensas nos porões dos motores devido aos níveis de ruído ambiente, o procedimento operacional para limitar o número de pessoas no porão dos motores às pessoas diretamente envolvidas na operação de elevação operação.
		2.1.9.3. Pode não ouvir os alarmes numa zona ruidosa	2.1.9.3.1. Possibilidade de escalada ou de danos para o pessoal se este não evacuar numa zona em caso de um risco para a segurança.	3	1. Os alarmes de deteção de gás e de incêndio são audíveis e visíveis 2. O alarme geral é muito alto	A	L		
	O que acontece se as peças sobresselentes disponíveis forem insuficientes?	2.1.10.1. Peças sobressalentes não repostas em stock após utilização, problemas de abastecimento.	2.1.10.1.1. Em última análise, perda de alimentação eléctrica (dependendo da peça sobresselente em falta)	3	1. A concepção permite a redundância (por exemplo, alimentação de eletricidade por vias alternativas) 2. A política da empresa é que haja a bordo peças sobressalentes suficientes para vários meses de funcionamento.	A	L	1. Classificação dos riscos com base na reputação	
3. Eventos externos	O que acontece em caso de mau tempo?	3.1.1.1. Tempestade, ciclone, mar alto	3.1.1.1.1. Ver nó "Náutica - E se houver uma falha de amarração?"						
	O que acontece se tiver um incêndio perto da central eléctrica?	3.1.2.1. Emergência / incêndio do navio abastecedor / navio de terceiros	3.1.2.1.1. Efeitos térmicos/fumo no KPS - possível agravamento e danos para o pessoal	3	1. Acoplamento de libertação rápida nas linhas de líquido. 2. O navio de abastecimento pode partir 3. Os sistemas de combate a incêndios do KPS podem ser utilizados para combater o incêndio do navio de abastecimento. 4. Existem bocas de incêndio no convés principal e, por vezes, em terra (consoante o local) 5. Bomba de incêndio de emergência accionada a gasóleo 6. Paragem do navio e evacuação do pessoal em caso de ameaça significativa de incêndio exterior.	A	L	1. No modo HFO, abastecimento de combustível aproximadamente de 10 em 10 dias, consoante a carga, demorando a operação de abastecimento cerca de meio dia	
		3.1.2.2. Incêndio no cais	3.1.2.2.1. Efeitos térmicos / fumo no KPS -	3	1. Acoplamento de libertação rápida nas linhas de líquido.	A	L		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
			possível escalada e danos para o pessoal		2. Os sistemas de combate a incêndios existentes no KPS podem ser utilizados para combater o incêndio na ponte-cais 3. Bomba de incêndio de emergência movida a gasóleo 4. Sempre que possível, as quantidades de materiais inflamáveis perto do KPS em terra são minimizadas. 5. Paragem do navio e evacuação do pessoal se houver uma ameaça significativa de um incêndio externo.				
	O que acontece se tiver uma queda de carga durante a transferência de alimentação? se houver uma queda de carga durante a transferência de alimentação?	3.1.3.1. Queda de um objeto durante a utilização de uma grua para abastecimento.	3.1.3.1.1. Danos no navio, possíveis danos pessoais em caso de embate.	4	1. Manutenção, ensaio e certificação do equipamento de elevação 2. Pessoal treinado e qualificado. 3. Planos de elevação e localização da grua - longe de sistemas de sistemas de processo de alto risco. 4. Mínimo de pessoal no convés perto das zonas de elevação.	A	M	1. RECOMENDAÇÃO ANTERIOR: Realizar um estudo de queda de objectos para compreender os riscos de queda dos mesmos e para verificar se a localização das gruas está correcta. Será efectuado a pedido das autoridades	
	O que acontece se tiver uma tentativa de pirataria?	3.1.4.1. Não é considerado um cenário credível, uma vez que os Powerships operam em zonas bem controladas.	3.1.4.1.1.		5. Formação da equipa de H&S a bordo				
	O que acontece se tiver actividades terroristas?	3.1.5.1. Problemas políticos	3.1.5.1.1. Possibilidade de danos no KPS e no pessoal, com perda de bens	5	1. Procedimentos ISPS para proteção. 2. Controlo CCTV 3. Zona de exclusão	A	M		
	O que acontece se tiver um relâmpago?	3.1.6.1. Tempestades eléctricas	3.1.6.1.1. Queda de raio em equipamento de processo ou elétrico. Perda de alimentação eléctrica em terra	3	4. Vedação e segurança (24 horas) se localizado num cais 1. Sistemas de ligação à terra 2. Para-raios no ponto mais alto	B	M		
			3.1.6.1.2. Possível ignição de um respiradouro se estiver a libertar gás durante a tempestade.	1	ponto mais alto da central eléctrica. 3. Protecção do Sistema eléctricos.	A	L		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
	O que acontece se tiver aviões a sobrevoar a central eléctrica?	3.1.7.1. Proximidade de um aeroporto (civil e militar)	3.1.7.1.1. Potencial de colisão de aeronaves com o navio-torpedeiro		1. Sistema de iluminação de aviso da aviação nos pontos mais altos, em conformidade com a regulamentação internacional 2. Regulamentação local sobre trajectos aéreos 3. Impacto na aviação analisado como parte da licença de exploração concedida pela autoridade local			1. O item de revisão precisa discutir a área de implantação caso a caso	
4. Perda de contenção	O que acontece se o fornecimento de gás estiver a uma pressão demasiado elevada?	4.1.1.1. Falha no controlo do sistema de abastecimento de gás.	4.1.1.1.1. Potencial de danos no equipamento e perda de contenção em caso de sobrepressão. Incêndio/explosão em caso de ignição.	5	1. Alarmes de pressão e paragem manual. 2. ESD em alta pressão 3. Válvulas de descompressão. 4. Deteção e desativação de gás. 5. Comandos de ignição. 6. Proteção passiva contra incêndios. Sistemas de combate a incêndios. 7. A FSRU não tem capacidade para fornecer uma pressão superior a 10 bars 8. Se estiver ligada a uma rede, serão utilizados redutores e reguladores de pressão específicos	A	M	1. O ponto precisa de ser revisto caso a caso	
	O que acontece se tiver uma libertação de gás no tubo de entrada do Powership / mangueira flutuante?	4.1.2.1. Desgaste, tensão, impacto, fadiga	4.1.2.1.1. Libertação ao nível do mar - a uma altitude inferior à do convés do KPS.	1	1. As medições de pressão/fluxo no KPS indicariam uma grande libertação. 2. Manutenção, teste e certificação de risers / mangueiras. 3. Comparação com o fluxo de abastecimento da FSRU / abastecimento em terra. 4. Uma pequena libertação seria rapidamente diluída abaixo do LEL. 5. Os detectores de gás no KPS detectariam uma libertação muito grande, se soprada na direção do navio. 6. ESD em caso de falha grave. 7. Matriz de causa e efeito desenvolvida 8. Equipamento EEx à volta do coletor no KPS. 9. Os sistemas de combate a incêndios no KPS podem ser utilizados para combater o incêndio. 10. Não há pessoal na área onde o gás entra a bordo durante o funcionamento normal.	A	L	*1. RECOMENDAÇÃO ANTERIOR:* *A QRA deve considerar a libertação total do gasoduto na definição do cenário e este deve ser mapeado no AG da central eléctrica.* *Será efectuada a pedido das autoridades.*	3. Para minimizar ao máximo o raio das consequências de uma fuga gasosa diretamente a montante da entrada do Powership, considerar a possibilidade de comunicação automática do fecho da válvula de entrada do Powership por ESD com a FSRU.

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
					11. Os colectores do Powership estão o mais afastados possível dos pontos de ignição.				
	O que acontece se tiver uma fuga de gás inflamável não detectada a bordo do Powership (ao ar livre)?	4.1.3.1. Fuga pequena/média causada por fadiga, corrosão externa, impacto, etc.	4.1.3.1.1. Dispersão para valores inferiores ao LIE antes de o gás atingir um detetor de gás - dependendo da velocidade/direção do vento. Libertação de metano para a atmosfera.	1	1. Controlo da vigilância. O pessoal dispõe de detectores de gás portáteis 2. Inspeção, ensaio e manutenção 3. Materiais de construção adequados ao ambiente 4. Colocação do detetor de gás com base em modelação anterior (outros navios de propulsão) 5. Equipamento EEx à volta do coletor no KPS. 6. ESD em caso de falha grave (30% LEL). Alarmes a 10% e 20% 7. Controlos de vigilância. O pessoal dispõe de detectores de gás portáteis	A	L		
			4.1.3.1.2. Se a libertação se inflamar, poderá ocorrer uma pequena chama - que poderá agravar-se se estiver em contacto com outras condutas de gás.	3	1. Controlos de vigilância. O pessoal dispõe de detectores de gás portáteis 2. Materiais de construção adequados ao ambiente 3. Inspeção, ensaio e manutenção 4. Colocação do detetor de gás com base em modelação anterior (outros navios de propulsão) 5. Equipamento EEx à volta do coletor no KPS. 6. ESD em caso de falha grave (30% LEL). Alarmes a 10% e 20% 7. Os sistemas de combate a incêndios no KPS podem ser utilizados para combater o incêndio.	A	L	1. Verificação visual das linhas de alimentação aproximadamente uma vez por mês. não incluídas nas rondas de inspeção de rotina	
	O que acontece se tiver uma libertação de gás da tubagem interior?	4.1.4.1. Fadiga, impacto, etc.	4.1.4.1.1. Libertação de gás num espaço, incêndio se a ignição for imediata, possível explosão se a ignição for retardada.	3	8. Não há pessoal na área onde o gás entra a bordo durante o funcionamento normal. 1. Todas as tubagens soldadas dentro dos espaços do navio são testadas com NDT aquando da entrega. (As secções NDT estão marcadas nas tubagens) 2. Sempre que possível, os comprimentos das tubagens são reduzidos ao mínimo.	A	L	1. Os motores Wartsila consomem 4.250 m3/h de gás por grupo gerador. A capacidade de ventilação do porão é de 760.000 m3/h	

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
					4. Detectores de gás com alarme e ESD por ação do operador 5. Detectores de chama em espaços interiores com alarme e ESD por acção do operador. 6. Os sistemas de combate a incêndios existentes no KPS podem ser utilizados para combater o fogo. 7. Cerca de 38 Ac/h no porão do navio - rápida diluição e ventilação dos espaços 8. O pessoal não está sempre presente nas salas de máquinas - o pessoal de vigia está sempre presente no âmbito das suas funções normais. 9. Condutas e rampas de gás compactas em zonas normalmente não frequentadas por pessoas e afastadas				
	O que acontece se houver uma fuga numa válvula de alívio (através da base da válvula).	4.1.5.1. Base da válvula deficiente ou gasta. Pressão de regulação incorrecta.	4.1.5.1.1. Libertação contínua de metano para a atmosfera - gás com efeito de estufa. Não conformidade ambiental.	2	1. Manutenção e inspeção das válvulas de segurança - disponibilidade de peças sobressalentes. 2. Detectores de gás na zona de ventilação - fornecer alarmes.	A	L	1. Avaliação dos riscos com base no ambiente. Não é credível que cause danos	
	O que acontece se houver uma perda de óleo de um transformador?	4.1.6.1. Corrosão, funcionamento cíclico leva à fadiga, impacto.	4.1.6.1.1. Libertação de óleo do transformador para a bandeja de gotejamento por baixo do transformador com drenagem para o tanque de drenagem de óleo do transformador. Se a fuga for grave, o transformador pode sobreaquecer e avariar.	3	1. Alarme de perda de pressão nos transformadores com alarme. 2. Isolar as secções com fugas, se necessário. 3. Inspeção externa de rotina dos transformadores. 4. Redundância nos transformadores 5. Ensaios e inspecções dos transformadores. 6. Paragem do transformador em caso de perda de óleo (medição do nível) 7. Paragem do transformador em caso de temperatura elevada do óleo. 8. Sistemas portáteis de combate a incêndios. 9. Tanque de drenagem equipado com interruptores de nível que conduzam a alarmes alto	B	M	1. A abordagem consiste em verificar a existência de pequenas fugas e encerrar o sistema antes que se tornem graves. 2. 6 transformadores a bordo, cada um com 40% de capacidade de reserva	
		4.1.6.2. O defeito interno provoca a formação de gás 4.1.6.2.1. Acumulação de gás no transformador, última	4.1.6.2. O defeito interno provoca a formação de gás 4.1.6.2.1. Acumulação de gás no transformador, última	3	1. O sistema Buchholz desliga o transformador se necessário devido à formação de gás.	B	M	1. 6 transformadores a bordo, cada um com 40% de capacidade de reserva	

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
		geração e sobrepressão	que conduzem à avaria do transformador		2. Monitorização de gás em linha para fornecer informações sobre o estado do transformador. 3. Paragem do transformador para investigação se for encontrado gás. Medida preventiva para evitar uma falha grave. 4. Redundância nos transformadores			2. Main purpose of the oil is to cool down the transformer and can therefore handle small oil loss, but it may require reduced power output	
		4.1.6.3. Fuga de SF6 dos disjuntores AT	4.1.6.3.1. Libertação local de uma pequena quantidade de SF6 - sem consequências significativas.						
			4.1.6.3.2. Danos no disjuntor devido à ausência de gás inerte	3	1. A pressão do gás nos disjuntores é monitorizada. Ensaio de retenção da pressão do disjuntor quando instalado. 2. A falha de gás abre o disjuntor. 3. Recarga do disjuntor com SF6 se houver uma ligeira perda de pressão de uma garrafa de gás SF6. 4. Disjuntores de reserva disponíveis.	B	M	1. 1. A abertura dos disjuntores interromperá o fornecimento de energia à terra.	
5. Incêndio, explosão e asfixia	O que acontece se houver um incêndio?	5.1.1.1. Ignição retardada de uma libertação de metano	5.1.1.1.1. Danos para o pessoal que se encontre na zona	4	1. Mínimo de pessoal no convés. 2. Controlo das fontes de ignição. Os Powerships estão equipados com deflexão de raios e proteção contra faíscas. 3. Controlo da vigilância. O pessoal dispõe de detectores de gás portáteis 4. Materiais de construção adequados ao ambiente 5. Inspeção, ensaio e manutenção 6. Colocação do detetor de gás com base na modelação anterior (outros navios da potência) 8. ESD em caso de avaria grave. 9. Os sistemas de combate a incêndios no KPS podem ser utilizados para combater o incêndio.	A	M	*1. RECOMENDAÇÃO ANTERIOR:* *O Powership deve ser equipado com proteção contra descargas atmosféricas e faíscas.* *Este facto foi confirmado pelo Karpowership em mensagem de correio eletrónico recebida em 14 de junho de 2023, às 17:03 horas.* 2. Os motores Wartsila consomem 4.250 m3/h de gás por grupo eletrogéneo. A capacidade de ventilação dos porões é de 760 000 m3/h, o que conduz a uma diluição muito inferior ao limite de inflamabilidade	

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
					10. Sistemas fixos de combate a incêndios na casa das máquinas (espuma)				
					11. No interior das zonas de porão existe um sistema de de água manual instalado				
					12. Cerca de 38 Ac/h nos espaços do navio - diluição rápida e rápida diluição e ventilação dos espaços				
					13. Proteção passiva contra incêndios - evita a escalada após um incêndio repentino.				
					14. Existem 2 mastros de ventilação para ventilação manual das condutas de gás. Estes estarão situados a cerca de 25 m acima do nível do mar.				
					15. A ventilação dos motores é efectuada através da despectiva chaminé de exaustão individual, cujo topo se situa a cerca de 50 m acima do nível do mar				
					16. Cada porão deve ser protegido com portas estanques, para evitar a propagação do fogo. Note-se que estas portas têm de ser fechadas manualmente com controlos locais. As portas são mantidas fechadas enquanto se está no mar				
	O que acontece se houver uma explosão?	5.1.2.1. Ignição retardada de uma libertação de metano numa zona congestionada.	5.1.2.1.1. Danos para o pessoal que se encontre na zona, danos por explosão que conduzam a falhas secundárias e perda de produção de energia.	5	1. Mínimo de pessoal no convés.	A	M	1. Os motores Wartsila consomem 4.250 m3/h de gás por grupo gerador. A capacidade de ventilação do porão é de 760.000 m3/h, o que leva a uma diluição muito abaixo do limite de inflamabilidade	
					2. Controlo das fontes de ignição.				
					3. Controlo da vigilância. O pessoal dispõe de detectores de gás portáteis				
					4. Materiais de construção adequados ao ambiente				
					5. Inspeção, ensaio e manutenção				
					6. Colocação do detetor de gás com base em modelação anterior (outros navios a motor)				
					7. Equipamento EEx à volta do colector coletor no KPS.				
					8. ESD em caso de avaria grave.				
					9. Os sistemas de combate a incêndios no KPS podem ser utilizados para combater o incêndio.				
					10. Sistemas fixos de combate a incêndios na casa das máquinas (espuma)				
					11. Cerca de 38 Ac/h nos espaços do navio espaços - rápida diluição e ventilação dos espaços				

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
					12. Proteção passiva contra incêndios.				
	O que acontece se houver um incêndio no jet?	5.1.3.1. Ignição imediata de uma libertação de metano	5.1.3.1.1. Danos para o pessoal que se encontre na zona. Escalada se o jato de fogo atingir o equipamento ou devido a radiação térmica.	4	1. Aspersores por cima dos motores - fornecem arrefecimento 2. Mínimo de pessoal no convés. 3. Controlo das fontes de ignição. 4. Controlo da vigilância. O pessoal dispõe de detectores de gás portáteis 5. Materiais de construção adequados ao ambiente 6. Inspeção, ensaio e manutenção 7. Colocação do detetor de gás com base em modelos anteriores (outros navios da potência) 8. Equipamento EEx à volta do coletor no KPS. 9. ESD em caso de avaria grave. 10. Os sistemas de combate a incêndios no KPS podem ser utilizados para combater o incêndio. 11. Sistemas fixos de combate a incêndios na casa das máquinas (espuma) 12. Cerca de 38 Ac/h nos espaços do navio - rápida diluição e ventilação dos espaços 13. Proteção passiva contra incêndios.	A	M	1. Os motores Wartsila consomem 4.250 m3/h de gás por grupo gerador. A capacidade de ventilação do porão é de 760 000 m3/h, o que conduz a uma diluição muito inferior ao limite de inflamabilidade	
	O que acontece se houver uma grande libertação de asfixiantes?	5.1.4.1. Grande libertação de gás natural	5.1.4.1.1. Morte por asfixia se houver pessoal presente na zona	4	1. Controlos de vigilância. O pessoal dispõe de detectores de gás portáteis 2. Colocação dos detectores de gás com base em modelos anteriores (outros navios da potência) 3. O ruído de uma grande libertação de gás pode ser detetável. 4. Cerca de 38 Ac/h nos espaços dos navios - rápida diluição e ventilação dos espaços 5. A instrumentação e os alarmes do processo podem indicar uma grande libertação. 6. Funcionamento do ESD.	A	M	1. O gás natural é um asfixiante se não for inflamado. 2. Os motores Wartsila consomem 4.250 m3/h de gás por grupo gerador. A capacidade de ventilação do porão é de 760.000 m3/h, o que leva a uma diluição muito abaixo do limite de inflamabilidade	
		5.1.4.2. Fuga de uma garrafa de azoto (utilizada para inertizar tubagens/equipamentos)	5.1.4.2.1. Não é um problema se estiver no convés devido à ventilação natural. Se a situação ocorrer no interior do navio, existe a possibilidade de morte.	4	1. Ensaio e inspeção das garrafas de gás portáteis e do equipamento de controlo da pressão. 2. O ruído de uma grande libertação de gás pode ser detetável.	A	M	1. Purga para remoção do oxigénio e, em seguida, aumento da pressão até um máximo de 2 bars utilizando garrafas de azoto portáteis	

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
		como operação de manutenção			3. A utilização de monitores portáteis de oxigénio durante a realização de operações de inertização nos espaços dos navios é obrigatória nos procedimentos operacionais.				
6. Sistemas eléctricos	O que acontece se houver uma instabilidade de tensão?	6.1.1.1. Falha do transformador elevador (problema de mudança de derivação ou de controlo)	6.1.1.1.1. Tentativa de fornecer à rede uma tensão demasiado elevada. Possibilidade de danificar os alternadores e os transformadores elevadores)	3	1. Regulação automática das torneiras com algum atraso para permitir alterações dinâmicas da carga 2. Proteção dos sistemas eléctricos para evitar danos (relés, etc.) 3. Ampla gama de transformadores por projeto para permitir o funcionamento global 4. Estudo da seletividade das centrais eléctricas, determinando a lógica de disparo, de modo a que disparem passo a passo 5. Desligamento se necessário.	B	M	1. Isto resultará na perda de todos os transformadores ou de nenhum, uma vez que estão todos ligados	
			6.1.1.1.2. Tentativa de fornecer à rede uma tensão demasiado baixa. Possibilidade de danificar os alternadores e os transformadores elevadores)	3	1. Ajuste automático de taps com algum atraso para permitir mudanças dinâmicas de carga 2. Proteção dos sistemas eléctricos para evitar danos (relés, etc.) 3. Ampla gama de transformadores por projeto para permitir o funcionamento global 4. Estudo da seletividade das centrais eléctricas, determinando a lógica de disparo, de modo a que disparem passo a passo 5. Desligamento se necessário.	B	M	1. Isto resultará na perda de todos os transformadores ou de nenhum, uma vez que estão todos ligados	
		6.1.1.2. Alterações da tensão da rede	6.1.1.2.1. Instabilidade dos sistemas eléctricos. Possíveis danos nos alternadores e transformadores elevadores)	3	1. Ajuste automático de taps com algum atraso para permitir mudanças dinâmicas de carga 2. Os transformadores ajustar-se-ão automaticamente para compensar se a duração for superior a 40 segundos 3. Se a duração da mudança for <40 segundos, os transformadores, os alternadores responderão 4. Proteção no interior dos sistemas eléctricos para evitar danos, ou seja, relés 5. Ampla gama de transformadores por projeto para permitir um funcionamento global 6. Desligamento, se necessário.	B	M		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
	Instabilidade da corrente eléctrica	6.1.2.1. Variação da procura de energia a partir da costa	6.1.2.1.1. Se houver uma solicitação súbita e o KPS não puder responder a tempo, a tensão cairá e a frequência mudará, levando a danos no equipamento	4	1. Interrupção, se necessário, com desconexão da rede para proteger os sistemas eléctricos do KPS. 2. Sistemas independentes de controlo do motor que comunicam com o sistema de controlo de alta tensão 3. Em condições / variações normais, a estabilidade da corrente pode ser assegurada pelos sistemas de controlo dos motores. 4. Se a frequência não estiver dentro dos limites, o alternador dispara 5. Capacidade de aumento de carga elevada com os geradores 6. Comunicação com a autoridade da rede local	B	M	1. Classificação dos riscos com base no potencial de danos no motor	
			6.1.2.1.2. Se houver uma queda súbita da procura em terra e o KPS não puder responder a tempo, haverá danos nos motores/alternadores, uma vez que estes não podem parar instantaneamente.	4	1. Desligamento se necessário com desconexão da rede para proteger os sistemas eléctricos KPS. 2. Sistemas independentes de controlo do motor que comunicam com o sistema de controlo de alta tensão 3. Em condições / variações normais, a estabilidade da corrente pode ser assegurada pelos sistemas de controlo dos motores. 4. Se a frequência não estiver dentro dos limites, o alternador dispara 5. Elevada capacidade de rejeição de carga dos geradores	B	M	1. Classificação dos riscos com base no potencial de danos no motor	
	E se a frequência de alimentação não estiver sincronizada com a frequência da costa?	6.1.3.1. Problemas de frequência em terra.	6.1.3.1.1. Pode ser possível continuar a funcionar durante um período limitado para melhorar a frequência do sistema (dependendo da diferença de frequência e das características do sistema em terra), com potenciais danos nos motores	4	1. Desligamento, se necessário, com desconexão da rede para proteger os sistemas eléctricos KPS. 2. Em condições normais, os sistemas de controlo do KPS podem responder às variações de frequência. 3. Se a frequência não estiver dentro dos limites, o alternador dispara	B	M	1. Classificação dos riscos com base no potencial de danos no motor	
			6.1.3.1.2. Pode ser necessário sincronizar rapidamente (<30 s) com a rede. A não sincronização atempada pode provocar danos no equipamento com	4	1. Desligamento se necessário com desconexão da rede para proteger os sistemas eléctricos do KPS. 2. Em condições normais, os sistemas de controlo da KPS podem responder às variações de frequência.	B	M	1. Classificação dos riscos com base no potencial de danos no motor	

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
			potencial de danos no motor.		3. Se a frequência não estiver dentro dos limites, o alternador dispara				
			6.1.3.1.3. Pode não conseguir ligar-se à rede no arranque. Atraso operacional.	0		B	L	1. <46 Hz - não é possível ligar	
	O que acontece se houver uma falha/desarme elétrico?	6.1.4.1. Falha ou desarme do equipamento (por exemplo, um motor pára ou um transformador desliga-se)	6.1.4.1.1. Capacidade de produção inferior à necessária para satisfazer os requisitos da procura em terra. Possíveis danos no equipamento de exploração	4	1. Redundância nos sistemas eléctricos 2. O equipamento de proteção e os relés são utilizados para detetar falhas antes que estas causem danos graves.	B	M	1. O impacto na reputação da empresa deve ser analisado caso a caso, uma vez que depende do contrato a capacidade de produção disponível	
7. Sistemas de combate a incêndios	O que acontece se o combate a incêndios no convés principal estiver atrasado ou for ineficaz?	7.1.1.1. Falha do sistema de combate a incêndios - falha da bomba, falha da boca de incêndio, cobertura insuficiente	7.1.1.1.1. Incapacidade de controlar um incêndio - ocorre uma escalada	4	1. Sistema de combate a incêndios aprovado pela bandeira, que considera a redundância e permite a perda parcial de capacidade devido a incêndio 2. Instruções FiFi específicas a armazenar em locais estratégicos do convés 3. Vias de evacuação de emergência 4. Evacuação do KPS se o incêndio não for controlado 5. ESD dos sistemas de gás 6. Pessoal de combate a incêndios com formação. 7. Extintores portáteis 8. EPI para combate a incêndios 9. Hidrantes no convés principal 10. Pontos de chamada manual 11. Óleo de lubrificação armazenado em reservatórios específicos sob o convés. Nenhum óleo armazenado no convés	B	M		
	O que acontece se o combate ao fogo for atrasado ou ineficaz nas casas das máquinas?	7.1.2.1. Avaria na instalação de combate a incêndios - apagão do navio, avaria da bomba de incêndio	7.1.2.1.1. Incapacidade de controlar um incêndio - ocorre numa escalada	4	1. Sistema de extinção de incêndios aprovado pela bandeira, que tenha em conta a redundância e permita a perda parcial de capacidade em caso de incêndio 2. Instruções FiFi específicas a armazenar em locais estratégicos do convés 3. Vias de evacuação de emergência 4. Evacuação do KPS se o incêndio não for controlado 5. ESD dos sistemas de gás 6. Sistemas de deteção de incêndio, calor e fumo, com sistema de alarme e ativação manual remota do sistema de combate a incêndios a partir da sala de controlo	B	M		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
					7. Dispositivos de respiração para evacuação de emergência 8. Pessoal de combate a incêndios treinado. 9. EPI para combate a incêndios 10. Extintores portáteis 11. Sistema de espuma de alta expansão 12. Aspersores locais nos motores 13. O refluxo de energia da rede pode ser utilizado para obter energia num apagão.				
	O que acontece se o combate a incêndios for atrasado ou ineficaz no sistema de produção de energia - subestação, etc.?	7.1.3.1. Avaria do sistema de combate a incêndios - falha da bomba, falha da boca de incêndio, cobertura insuficiente	7.1.3.1.1. Incapacidade de controlar num incêndio - ocorre uma escalada	4	1. Sistema de combate a incêndios aprovado pela bandeira, que considera a redundância e permite a perda parcial de capacidade devido a incêndio 2. Instruções FiFi específicas a armazenar em locais estratégicos do convés 3. Vias de evacuação de emergência 4. Evacuação do KPS se o incêndio não for controlado 5. ESD dos sistemas de gás 6. Pontos de chamada e alarmes de incêndio manuais. 7. Pessoal de combate a incêndios com formação. 8. EPI para combate a incêndios 9. Extintores portáteis de CO2 10. Firewalls entre os transformadores reduzindo a probabilidade de escalada 11. A produção de energia será interrompida em caso de deteção de incêndio. 12. Um problema no transformador (sobreaquecimento) resultará na paragem da produção de energia 13. CCTV 14. O depósito de HFO da frente já não está a ser utilizado	A	M	1. Confirmar a forma como é efectuado o combate a incêndios na parte dianteira do KPS15 e do KPS16, em direção à subestação. Quando se prevê a utilização de bocas de incêndio, com base no isolamento da fonte no lado do KPS, como é evitado o refluxo da rede? Declaração da Karpowership em correio eletrónico recebido em 14 de junho de 2023, às 17:03h. Confirmamos que serão utilizadas bocas de incêndio para o combate a incêndios no caminho das subestações. A propagação de incêndios da rede para a central eléctrica não é aplicável. A ligação da rede à subestação AT será efectuada apenas com condutores. Por conseguinte, em caso de refluxo da rede, os condutores partir-se-ão e serão separados da subestação.	
	O que acontece se o combate ao fogo for atrasado ou ineficaz na sala de controlo, na sala de AT, na sala de BT, na sala de MT e na sala de transformadores	7.1.4.1. Incêndio elétrico num armário ou sistema de comando	7.1.4.1.1. Incêndio elétrico não controlado - escalada que conduz à perda dos sistemas de comando do navio	4	1. Sistema de extinção de incêndios aprovado pela bandeira, que considere a redundância e permita a perda parcial de capacidade devido a incêndio 2. Instruções FiFi específicas a conservar em locais estratégicos do convés	A	M		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
					3. Vias de evacuação de emergência				
					4. Sistemas de deteção de incêndio, calor e fumo, com sistema de alarme e ativação manual remota do sistema de combate a incêndios a partir da sala de controlo				
					5. Extintores portáteis (CO2 e pó)				
					6. Sistema fixo de combate a incêndios com CO2				
					7. Pontos de chamada e alarmes de incêndio manuais.				
					8. Isolamento dos sistemas eléctricos				
					9. Pessoal de combate a incêndios com formação.				
					10. EPI para combate a incêndios				
					11. Dispositivos de respiração para saídas de emergência				
					12. Evacuação do KPS se o incêndio não for controlado				
	E se houver um combate a incêndios atrasado ou ineficiente na sala do separador, na sala do alimentador ou na sala da bomba da turbina a vapor	7.1.5.1. Falha do sistema de combate a incêndios	7.1.5.1.1. Incapacidade de controlar um incêndio - ocorre numa escalada		1. Sistema de combate a incêndios aprovado pela bandeira, que considera a redundância e permite a perda parcial de capacidade devido ao incêndio				
					2. Instruções FiFi específicas a conservar em locais estratégicos do convés				
					3. Vias de evacuação de emergência				
					4. Detectores e alarmes de incêndio				
					5. Extintores portáteis (CO2, espuma e pó)				
					6. Hidrantes de incêndio				
				4	7. Sistema de aplicação local	A	M		
					8. Sistema fixo de combate a incêndios com CO2				
					9. Pontos de chamada e alarmes de incêndio manuais.				
					10. Isolamento dos sistemas eléctricos				
					11. Pessoal treinado para o combate a incêndios.				
					12. EPI para combate a incêndios				
					13. Dispositivos de respiração para saídas de emergência				
					14. Evacuação do KPS se o incêndio não for controlado				
					15. Limites A60				

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
	E se houver um incêndio descontrolado nos escritórios, na sala de reuniões	7.1.6.1. Cigarros ou falhas eléctricas, baterias defeituosas (portátil, telemóvel)	7.1.6.1.1. Incapacidade de controlar um incêndio - ocorre uma escalada	3	1. Sistema de combate a incêndios aprovado pela bandeira, que considera a redundância e permite a perda parcial de capacidade devido a incêndio 2. Vias de evacuação de emergência 3. Detectores de incêndio e de fumo 4. Pontos de chamada e alarmes manuais 5. Extintores de mão (pó) 6. Pessoal de combate a incêndios com formação. 7. EPI para combate a incêndios 8. Evacuação do KPS em caso de incêndio não controlado 9. Dispositivos de respiração para evacuação de emergência (nos corredores) 10. Hidrantes de incêndio nos corredores	A	L		
	E se houver um incêndio descontrolado no bloco de alojamento?	7.1.7.1. Incêndio de gorduras ou de equipamento de cozinha, fumo, falha do equipamento elétrico	7.1.7.1.1. Incapacidade de controlar um incêndio - ocorre numa escalada	4	1. Sistema de combate a incêndios aprovado pela bandeira, que considera a redundância e permite a perda parcial de capacidade devido a incêndio 2. Vias de evacuação de emergência 3. Detectores de fumo 4. Registos de incêndio nos sistemas de extração 5. Detetor de calor na cozinha 6. Pontos de chamada e alarmes manuais 7. Extintores de mão (pó) 8. Pessoal de combate a incêndios com formação. 9. EPI para combate a incêndios 10. Evacuação do KPS se o incêndio não for controlado 11. Dispositivos de respiração para saídas de emergência (nos corredores) 12. Hidrantes de incêndio nos corredores 13. Cobertores anti-fogo na cozinha 14. Sistema fixo de CO2 na chaminé de extração da cozinha	B	M		
	o que acontece se o combate ao fogo na oficina for atrasado ou ineficaz?	7.1.8.1. Material inflamável / combustível inflamado. A soldadura provoca um incêndio.	7.1.8.1.1. Incapacidade de controlar um incêndio - ocorre uma escalada	4	1. Sistema de extinção de incêndios aprovado pela bandeira. 2. Pontos de chamada e alarmes manuais 3. Extintores portáteis (pó, espuma e CO2)	B	M		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
					4. Hidrantes na oficina 5. Pessoal de combate a incêndios com formação. 6. EPI para combate a incêndios 7. Cobertores de incêndio na oficina 8. Kit de derrame de óleo 9. Armazenamento de tintas longe da oficina 10. Aplicador de espuma portátil 11. Dispositivos de respiração para evacuação de emergência 12. Evacuação do KPS se o incêndio não for controlado 13. Garrafas de acetileno armazenadas numa zona específica				
	E se o sistema fixo de combate a incêndios com CO2 funcionar quando não é necessário?	7.1.9.1. Não é considerado um cenário credível, uma vez que o sistema é acionado manualmente. É necessário confirmar que o espaço não tem pessoal antes de o sistema ser acionado.	7.1.9.1.1.						
	E se o sistema de água de incêndio congelar?	7.1.10.1. Não é considerado um problema. Funcionamento em zonas onde o congelamento não é credível.	7.1.10.1.1.		1. A entrada da caixa de mar está a 2,5 metros acima da base. O calado mínimo da embarcação é de cerca de 5 metros			1. Este ponto deve ser revisto em caso de operação em águas cobertas de gelo, especialmente onde possa ocorrer formação de cristas	
8. Emergências	E se o pessoal não conseguir evacuar ou escapar numa emergência?	8.1.1.1. Impossibilidade de aceder à baleeira devido a incêndio que bloqueia as vias de evacuação?	8.1.1.1.1. Pessoal preso no navio numa situação de incêndio.	5	1. Plano da rota de fuga 2. Vias de evacuação primária e secundária 3. Formação do pessoal e simulacros 4. Bote salva-vidas de queda livre e jangadas salva-vidas (uma com turcos e outra que possa ser lançada ao mar) 5. Fuga para terra se o navio estiver situado junto a um molhe 6. Conformidade com a Convenção SOLAS	A	M	1. A EERA dependerá da localização específica do navio. 2. Normalmente 30 POB durante as viagens marítimas, 60 POB durante a produção de eletricidade . Confirmar a capacidade e a localização das baleeiras. Declaração de Karpowership em correio eletrónico recebido em 19 de junho de 2023, às 10:33. Estou a anexar o certificado do equipamento de segurança que contém as capacidades das baleeiras e das jangadas salva-vidas. Durante a produção de eletricidade, aumentaremos a capacidade dos salva-vidas	

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Prompt	Causas	Consequências	C	Salvaguardas	P	RR	Observações	Recomendações
								capacidade de jangada, se tal for exigido pelas autoridades locais.	
	E se houver uma grande libertação de gás não inflamado (compartimento das máquinas ou no convés)	8.1.2.1. Falha de um sistema de gás	8.1.2.1.1. O pessoal presente na zona corre o risco de ser acidentado se permanecer na zona.	5	1. ESD dos sistemas de gás. 2. Plano de evacuação 3. Vias de evacuação primárias e secundárias 4. Formação do pessoal e simulacros 5. O pessoal no convés deve deslocar-se a barlavento da zona de lançamento 6. Fugir para terra se o navio estiver situado junto a um molhe (dependendo da direção do vento) 7. O pessoal que se encontra na casa das máquinas deve fugir para o convés 8. O pessoal reúne-se no posto de reunião ou no posto de reunião secundário, consoante a direção do vento. 9. Dispositivos respiratórios de evacuação de emergência 10. Sistema de deteção de gás com ESD automático na válvula de entrada	A	M		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Apêndice 2 Planilha de trabalho HAZOP

Numero	Desvio	Causa	Consequências	Salvaguardas	Recomendações	Observações
1. Fornecimento de gás a Powership e sistema de gás a bordo.	1.1. Sem caudal	1.1.1. Perda total do abastecimento da FSRU/Terra.	1.1.1.1. Perda de fornecimento de gás ao KPS, levando a uma perda temporária de produção de eletricidade	1. O motor de arranque é utilizado para arrancar quando o fornecimento de gás é restabelecido. 2. Comunicação entre a UFAR /terra e o KPS 3. O fluxo inverso de energia da rede pode ser utilizado para alimentar o navio 4. UPS em sistemas críticos de segurança 5. Por fim, o KPS pode ser desligado para um estado seguro.		O motor bicombustível (de grau de produção de energia) pode ser mudado para o consumo de HFO, mas isso demora cerca de 50 dias (motores Wartsila). Não é possível efetuar a mudança "on-the-fly", como é típico nos motores de propulsão marítima
		1.1.2. Válvula manual fechada devido a falha humano ou válvula ESD fechada na entrada	1.1.2.1. Perda do fornecimento de gás ao KPS. Agora, a produção de electricidade conduz a um navio de arranque.	1. O motor de arranque é utilizado para reiniciar quando o fornecimento de gás é restabelecido. 2. A válvula pode ser reaberta assim que a falha for detectada ou a falha que causa a ESD for rectificada 3. As válvulas de entrada de gás são grandes (DN 400). Seria difícil fechar acidentalmente esta válvula. 4. Formação e competência do pessoal. 5. O alarme de caudal baixo informa que existe um problema 6. Comunicação entre a FSRU/terra e o KPS 7. O fluxo inverso de energia da rede pode ser utilizado para alimentar o navio 8. UPS em sistemas críticos de segurança 9. Por fim, o KPS pode ser desligado para um estado seguro.		
		1.1.3. Bloqueio do filtro de entrada de gás no CGR	1.1.3.1. Perda de fornecimento de gás ao KPS. Agora, a produção de eletricidade conduz a um navio negro.	1. Alarmes de pressão diferencial nos filtros de entrada 2. Pode ser utilizado um filtro de reserva (dois filtros em paralelo) 3. Motor de arranque utilizado para arrancar quando o fornecimento de gás é restabelecido. 4. As válvulas de entrada de gás são grandes (DN 400). Seria difícil fechar acidentalmente esta válvula. 5. O alarme de caudal baixo informa que existe um problema 6. Comunicação entre a UFAR /terra e o KPS 7. O fluxo inverso de energia da rede pode ser utilizado para alimentar o navio 8. UPS em sistemas críticos de segurança 9. Em última análise, o KPS pode ser desligado para um estado seguro.		Devido aos requisitos de qualidade do gás de entrada, a filtragem do gás à entrada do KPS apresentaria riscos mais elevados do que os impostos pelo risco residual de não poder fechar a válvula até aos CGR, onde se efectua a filtragem antes dos motores

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Desvio	Causa	Consequências	Salvaguardas	Recomendações	Observações
	1.2. Menos fluxo	1.2.1. O ESD falha na posição de fechado (na alimentação de um motor)	1.2.1.1. Perda súbita da alimentação de gás de um motor. O motor pára (paragem automática) levando a uma redução da produção de energia. Não há efeitos noutros motores se o fluxo para um deles for subitamente interrompido	1. A paragem automática protege o motor de danos 2. Alarmes de funcionamento do motor. 3. Múltiplos motores para que a energia continue a ser fornecida à costa. 4. Indicação da posição das válvulas automáticas 5. Medidor de caudal/indicação do fornecimento de gás a um motor		
		1.2.2. A válvula de controlo da pressão falha na posição fechada na alimentação de um lado do motor, ou a válvula manual parcialmente fechada inadvertidamente	1.2.2.1. DN 100 - O motor funciona com menor potência ou pára devido à interrupção do fluxo de gás	1. A paragem automática protege o motor de danos 2. Alarmes de funcionamento do motor. 3. Múltiplos motores para que a energia continue a ser fornecida à costa. 4. Medidor de caudal/indicação do fornecimento de gás a um motor 5. Indicação da posição das válvulas automáticas 6. As rodas das válvulas manuais são retiradas como prática normal para evitar erros humanos		Existem duas alimentações de gás para o motor - uma é DN25 e outra DN100. A alimentação DN25 é utilizada para o arranque, a alimentação DN100 é utilizada para o funcionamento normal.
			1.2.2.2. DN 25 - impossibilidade de arrancar o motor	1. Medidor de caudal/indicação do fornecimento de gás a um motor 2. Alarmes de funcionamento do motor. 3. Indicação da posição de válvulas automatizadas 4. Múltiplos motores para manter a alimentação eléctrica em terra. 5. As rodas das válvulas manuais são retiradas como prática normal para evitar erros humanos		
		1.2.3. Bloqueio do filtro na alimentação de um motor	1.2.3.1. O motor funciona com menos potência ou pára devido à interrupção do fluxo de gás	1. Alarmes de pressão diferencial nos filtros de entrada 2. Paragem automática do motor se a dP do filtro for de 1,5 bar. 3. A paragem automática protege o motor contra danos 4. Medidor de caudal/indicação do fornecimento de gás a um motor 5. Alarmes de funcionamento do motor. 6. Indicação da posição de válvulas automatizadas 7. Múltiplos motores para continuar a fornecer energia a terra.		
	1.3. Mais fluxo	1.3.1. Não foram identificados cenários credíveis	1.3.1.1.			O caudal depende da procura do motor. Rever a possibilidade de utilizar os medidores de caudal mássico e os medidores de caudal CGR para a deteção de fugas. De igual modo, isto pode ser feito utilizando transmissores de pressão
	1.4. Assim como o fluxo (mal direcionado)	1.4.1. Abertura manual ou automatizada dos respiradouros (filtros principais, válvulas mestras de pós-venda, motores	1.4.1.1. Libertação de gás das saídas de ventilação acima do convés.	1. Respiros situados em zonas seguras, em áreas abertas elevadas acima do convés 2. Classificação das zonas de risco em redor dos respiradouros		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Desvio	Causa	Consequências	Salvaguardas	Recomendações	Observações
		e abertura de ventilação no interior do CGR)		3. Indicação de posição em válvulas automatizadas		
				4. A libertação de gás pode ser ouvida		
				5. A diferença de fluxo resultante da fuga pode ser detectada no sistema de controlo		
				6. Encerramento do sistema de gás ou de parte dele para reduzir a quantidade de gás libertado.		
				7. Formação e competência do pessoal.		
				8. Verificações pós-manutenção das posições das válvulas.		
			1.4.1.2. Perda da alimentação de gás de um ou de todos os motores	1. Ver os nós "Sem caudal e com menos caudal"		
		1.4.2. Levantamento inadvertido da válvula de descompressão	1.4.2.1. Ver o nó HAZID "Perda de confinamento - E se houver uma fuga na válvula de descompressão (através da sede da válvula)?			
		1.4.3. Válvula de drenagem no filtro deixada aberta após a manutenção	1.4.3.1. Libertação de gás para um local seguro (se os filtros estiverem a bordo)	1. Classificação da área de risco em redor dos drenos		
				2. Indicação de posição em válvulas automáticas		
				3. A libertação de gás pode ser ouvida		
				4. A diferença de fluxo resultante da fuga pode ser detectada no sistema de controlo		
				5. Encerramento do sistema de gás ou de parte dele para reduzir a quantidade de gás libertado.		
				6. Formação e competência do pessoal.		
				7. Verificações pós-manutenção das posições das válvulas.		
	1.5. Parte do fluxo	1.5.1. Nenhuma causa identificada				
	1.6. Fluxo inverso	1.6.1. Não foram identificadas				
	1.7. Outro que não o fluxo	1.7.1. Contaminantes do gás - Partículas	1.7.1.1. Erosão do equipamento, incrustações. Conduz ao desgaste	1. Filtros no CGR		Devido aos requisitos de qualidade do gás de entrada, a filtragem do gás à entrada do KPS apresentaria riscos mais elevados do que os impostos pelo risco residual de não poder fechar a válvula até aos CGR, onde se efectua a filtragem antes dos motores.
				2. Requisitos de qualidade do gás de entrada		
		1.7.2. Contaminantes no gás - gotículas de líquido no gás (condensado ou líquido presente no sistema de gás aquando do arranque)	1.7.2.1. Possível acumulação de condensados em pontos baixos da tubagem/equipamento. Interrupção do fluxo. Possível transporte de líquido para as entradas do motor.	1. Recolha e drenagem de condensados nos filtros de entrada		Devido aos requisitos de qualidade do gás de entrada, a filtragem do gás à entrada do KPS apresentaria riscos mais elevados do que os impostos pelo risco residual de não ser possível fechar a válvula até aos CGR, onde se efectua a filtragem antes dos motores.
				2. Requisitos de qualidade do gás de entrada		
				3. Podem ser adicionados filtros de líquido ao sistema se o gás fornecido não estiver suficientemente seco. Pode ser necessário para o gás fornecido da costa		
		1.7.3. Contaminantes no gás - Ar no sistema de tubagens no arranque	1.7.3.1. Possibilidade de uma mistura inflamável no interior da tubagem.	1. Lavagem da tubagem com gás inerte antes do arranque.		
	1.8. Nível elevado	1.8.1. Filtro não drenado quando necessário	1.8.1.1. Possibilidade de transporte de condensado para o sistema de gás	1. Alarme de nível elevado nos filtros de gás principais		
				2. Alarme de nível alto dP nos filtros		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Desvio	Causa	Consequências	Salvaguardas	Recomendações	Observações
	1.9. Nível baixo	1.9.1. Não foram identificados cenários credíveis	1.9.1.1.			O caudal depende das necessidades do motor.
	1.10. Sem pressão	1.10.1. Ver nó "Sem fluxo".	1.10.1.1.			
	1.11. Menos pressão	1.11.1. Ver nó "Menos fluxo	1.11.1.1.			
	1.12. Mais pressão	1.12.1. A válvula de controlo da pressão na alimentação de entrada de um motor passa para a posição aberta ou o ponto de regulação é alterado por erro	1.12.1.1. Pressão superior à necessária fornecida a um motor, até um máximo de 13,5 barg, com potencial para danificar o motor.	1. O gás pode ser purgado manualmente para reduzir a pressão		
				2. Paragem automática do motor a 9,5 bars		
				3. Purga para a atmosfera aberta no motor		
		1.12.2. A FSRU fornece uma pressão de gás mais elevada devido a uma avaria a bordo	1.12.2.1. Possíveis danos no sistema de gás de bordo e nos motores.	1. Alarme de alta pressão na cabeça de alimentação do gás		
				2. Paragem automática ao detetar alta pressão		
				3. Alarme de alta pressão no CGR		
				4. Válvulas de alívio de pressão		
				5. Funcionamento da válvula de purga		
				6. Paragem automática do motor a 9,5 bars		
				7. O gás pode ser ventilado manualmente para reduzir a pressão		
	1.13. Mais temperatura	1.13.1. Temperatura ambiente elevada - Possibilidade de gás quente na alimentação, em especial após uma paragem.	1.13.1.1. Alimentação dos motores com gás a alta temperatura, com possibilidade de danificar os motores	1. Paragem do motor a alta temperatura (60 C)		A temperatura normal de alimentação situa-se entre 25 e 45 C
				2. A FSRU envia controlos/alarmes/avisos de temperatura		
				3. Alarme de temperatura no CGR (50 C)		
	1.14. Menos temperatura	1.14.1. Baixa temperatura ambiente	1.14.1.1. Gás a baixa temperatura alimentado aos motores - possíveis danos	1. Paragem do motor por baixa temperatura (5 C)		
				2. A FSRU emite controlos/alarmes/partidas de temperatura		
				3. Alarme de temperatura no CGR (5 C)		
		1.14.2. Gás frio fornecido pela FSRU devido a falha no controlo da vaporização	1.14.2.1. Gás a baixa temperatura alimentado aos motores - possíveis danos	1. Paragem do motor por baixa temperatura (5 C)		
				2. A FSRU envia os controlos/alarmes/partidas de temperatura		
				3. Alarme de temperatura no CGR (5 C)		
	1.15. Menos composição	1.15.1. Composição do gás com baixo teor de metano (problema de qualidade no fornecimento de gás)		1. Paragem do motor em caso de falha da ignição.		72% de teor mínimo aceitável de metano, mas o motor funcionará até 50%. Devido aos requisitos de qualidade do gás de entrada, a filtragem do gás na entrada do KPS apresentaria riscos mais elevados do que os impostos pelo risco residual de não poder fechar a válvula até aos CGR, onde se efectua a filtragem antes dos motores.
				2. Exaustão para local seguro		
				3. Sistemas UFAR ou em terra para fornecer a composição correcta do gás		
				4. Requisitos de qualidade do gás de entrada nas especificações		
	1.16. Mais composição	1.16.1. Composição do gás com elevado teor de metano (problema de qualidade no aprovisionamento de gás)	1.16.1.1. . Alimentação de gás do motor demasiado rica, o que	1. Sistemas UFAR ou em terra para fornecer a composição correcta do gás		Devido aos requisitos de qualidade do gás de entrada, a filtragem do gás à entrada do KPS apresentaria riscos mais elevados do que os impostos pelo risco residual de não
				2. Requisitos de qualidade do gás de entrada nas especificações		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Desvio	Causa	Consequências	Salvaguardas	Recomendações	Observações
			podem provocar pancadas e danos			poder fechar a válvula até aos CGR, onde se efectua a filtragem antes
	1.17. Bem como a Composição	1.17.1. Odorante presente na alimentação de gás a partir de terra	1.17.1.1. As fugas são mais fáceis de detetar.			
			1.17.1.2. Não há consequências para o funcionamento.			
		1.17.2. Nitrogénio na instalação de gás após a inertização.	1.17.2.1. Alimentado aos motores no arranque. Em concentrações elevadas, isto pode levar a problemas de ignição	1. O azoto pode ser expelido através do respirador do motor.		
	1.18. Sem separação	1.18.1. Avaria de um filtro de entrada principal	1.18.1.1. Partículas presentes na alimentação de gás ao motor - desgaste das peças.	1. Alarmes de pressão diferencial baixa nos filtros. 2. Inspeção dos filtros 3. Filtros de 0,5 mícron no CGR		
		1.18.2. Avaria de um filtro CGR	1.18.2.1. Partículas presentes na alimentação de gás ao motor - desgaste de peças.	1. Alarmes de pressão diferencial baixa nos filtros. 2. Inspeção dos filtros 3. Filtragem no filtro principal para o coletor de gás	1. Para garantir que o funcionamento dos filtros CGR é continuamente monitorizado, incluir os alarmes de pressão diferencial baixa no P&ID.	
	1.19. Mais	1.19.1. Não foram identificadas causas				
	1.20. Sem serviços	1.20.1. Perda da alimentação de ar do instrumento	1.20.1.1. As válvulas da alimentação de gás não atingem o estado seguro (fechadas para as válvulas de alimentação, abertas para as válvulas de ventilação), resultando na paragem dos motores	1. Ver o nó HAZID "Operacional - E se houver uma perda de um serviço público? - Perda do sistema de ar do instrumento"		
		1.20.2. Falha do sistema de controlo	1.20.2.1. Possibilidade de a pressão do gás fornecido aos motores ser demasiado alta ou demasiado baixa	1. Ver os nós "Mais pressão" e "Menos caudal 2. Alarmes do sistema 3. UPS em sistemas críticos de segurança		
		1.20.3. Falha da alimentação eléctrica	1.20.3.1. O sistema desliga-se para o estado de segurança.	1. Gerador de arranque. 2. UPS em sistemas críticos de segurança 3. Alarmes do sistema		
	1.21. Sem manutenção	1.21.1. Não foram identificados cenários credíveis	1.21.1.1.	1. Tipos normalizados de equipamento utilizados com acesso possível a todas as áreas.		
	1.22. Outros	1.22.1. Não foram identificados cenários adicionais	1.22.1.1.			
2. Produção eléctrica (MT e AT)	2.1. Não / Menos corrente electrica	2.1.1. Falha do gerador/desarme ou falha do disjuntor de MT (para condição aberta)	2.1.1.1. Perda de alimentação eléctrica do gerador único	1. A alimentação eléctrica dos restantes geradores não será afectada. 2. O disjuntor no alimentador do gerador dispara e isola o gerador avariado. 3. Alarmes no sistema de fornecimento de energia e nos geradores. 4. Cada gerador tem um sistema de proteção independente. 5. Disjuntores de reserva disponíveis a bordo para reparação. 6. Alarmes nos sistemas de proteção da MT.		3 motores por porão, 7 porões

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Desvio	Causa	Consequências	Salvaguardas	Recomendações	Observações
		2.1.2. Falha ou desarme do gerador de vapor	2.1.2.1. Perda de alimentação eléctrica do gerador único	1. A alimentação eléctrica dos restantes geradores não será afetada.		1 gerador de vapor por cada 12 motores. 2 geradores de vapor instalados
				2. Gerador de vapor redundante, com coletor de vapor comum		
				3. Caldeira auxiliar disponível com capacidade suficiente		
				4. O disjuntor no alimentador do gerador abre-se e isola o gerador avariado.		
				5. Alarmes no sistema de fornecimento de energia e no gerador.		
				6. Cada gerador tem um sistema de proteção independente.		
		2.1.3. Falha do disjuntor de entrada de média tensão (condição de abertura)	2.1.3.1. Perda de três geradores (na pior das hipóteses) - redução da alimentação eléctrica em terra.	1. Cada disjuntor tem um sistema de proteção de MT independente.		
				2. Disjuntores de reserva disponíveis a bordo para reparação.		
				3. Alarmes nos sistemas de proteção da MT.		
				4. 1 gerador pode ser transferido para outro barramento		
				5. Seria necessário um trabalho adicional de cabos para recuperar os 3 geradores. Apenas considerado para falhas de longa duração		
		2.1.4. Falha do transformador elevador	2.1.4.1. Perda de seis geradores (na pior das hipóteses) - redução da alimentação eléctrica em terra.	1. Alarmes nos sistemas de proteção de AT.		
				2. Cada transformador tem um sistema de proteção independente		
				3. Os transformadores têm um sistema de monitorização de gás em linha		
				4. Sistema Buchholz em cada transformador		
				5. 2 geradores podem ser transferidos para outros barramentos		
				6. Seria necessário um trabalho adicional de cabos para recuperar todos os 6 geradores. Considerado apenas para interrupções de longa duração		
		2.1.5. Falha do disjuntor do transformador de alta tensão (condição aberto)	2.1.5.1. Perda de seis geradores (na pior das hipóteses) - redução da alimentação eléctrica em terra.	1. Cada disjuntor tem um sistema de protecção de AT independente.		4 transformadores
				2. Disjuntores de reserva disponíveis a bordo para reparação.		
				3. Alarmes nos sistemas de proteção AT.		
				4. 2 geradores podem ser transferidos para outros barramentos		
				5. Seria necessário um trabalho adicional de cabos para recuperar todos os 6 geradores. Apenas considerado para interrupções de longa duração		
			2.1.6.1. Possibilidade de perda de exportação de eletricidade.	1. Cada disjuntor tem um sistema de protecção de AT independente.		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Desvio	Causa	Consequências	Salvaguardas	Recomendações	Observações
		2.1.6. Avaria do disjuntor da linha de alta tensão (para o estado aberto)		2. Disjuntores de reserva disponíveis a bordo para reparação.		
				3. Alarmes nos sistemas de proteção HV.		
				4. Duas linhas eléctricas totalmente redundantes são fornecidas à terra, que podem ser separadas em caso de disparo único		
	2.2. Mais atual	2.2.1. Curto-circuito num alternador ou falha de isolamento.	2.2.1.1. Fluxo elétrico não controlado	1. Fluxo de corrente para o sistema de proteção de terra.		
				2. O sistema de segurança do gerador entrará em funcionamento		
				3. Alarmes no sistema elétrico		
				4. Seletividade do funcionamento do disjuntor em função da dimensão do defeito. (Primeiro os disjuntores pequenos, depois o disjuntor de alta tensão pode funcionar).		
	2.3. Corrente inversa		2.3.1.1. Intencionalmente incluído no projeto, para permitir o recomeço da utilização da energia da rede de terra em caso de navio negro.			
	2.4. Parte da Corrente	2.3.1. Alimentação de retorno - da rede local. 2.4.1. Perda de uma fase de um transformador	2.4.1.1. A qualidade eléctrica não corresponde à norma exigida. A tensão nas restantes fases aumenta, o que conduz a uma situação de sobrecarga.	1. Isolamento automático do transformador/linha consoante a falha		
				2. Alarmes no sistema elétrico		
		2.4.2. Falha de isolamento (disjuntor fechado numa das fases)	2.4.2.1. A qualidade eléctrica não corresponde ao padrão exigido. A tensão nas restantes fases aumenta, o que conduz a uma situação de sobrecarga.	1. Isolamento automático do transformador/linha em função da avaria		
				2. Alarmes no sistema elétrico		
	2.5. Sem / menos tensão	2.5.1. Problema no sistema de excitação (energia magnética) ou falha na saída do Regulador Automático de Tensão (AVR)	2.5.1.1. Impossibilidade de arranque do alternador	1. Cada alternador tem um regulador independente		Ímanes utilizados em pequenas máquinas. As grandes máquinas utilizam uma fonte de alimentação para fornecer magnetismo.
				2. AVR de reserva disponível a bordo		
			2.5.1.2. Em caso de avaria durante o funcionamento, a tensão fornecida será incorrecta.	1. Cada alternador dispõe de um regulador independente		
				2. Paragem do alternador		
				3. AVR de reserva disponível a bordo		
				4. O sistema de proteção isola o alternador		
	2.6. Mais Tensão	2.6.1. Problema no sistema de excitação (energia magnética) ou falha na saída do regulador automático de tensão (AVR)	2.6.1.1. Em caso de avaria durante o funcionamento, a tensão de alimentação será incorrecta. Possibilidade de sobretensão que pode provocar danos no alternador se a avaria for prolongada.	1. Cada alternador dispõe de um regulador independente		
				2. Paragem do alternador		
				3. AVR de reserva disponível a bordo		
				4. O sistema de proteção isola o alternador		
	2.7. Não / Menos Frequência		2.7.1.1. Alimentação eléctrica a uma frequência inferior à necessária. Problemas de sincronização. Em última análise	1. O sistema de proteção isola o alternador		
				2. Reparação do regulador de velocidade.		
				3. Controlo do ângulo de fase no sistema de sincronização, que é automatizado		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Desvio	Causa	Consequências	Salvaguardas	Recomendações	Observações
			alimentação eléctrica inferior à necessária.			
	2.8. Mais frequência	2.8.1. Avaria do regulador de velocidade do alternador (alta velocidade)	2.8.1.1. Alimentação eléctrica com uma frequência superior à necessária. Problemas de sincronização. Alimentação de energia mais baixa do que o necessário.	1. O sistema de proteção isola o alternador 2. Reparação do regulador de velocidade. 3. Controlo do ângulo de fase no sistema de sincronização, que é automatizado		
	2.9. Nenhum / Menos estado de carga	2.9.1. Não foram identificados cenários credíveis	2.9.1.1.	1. Sem condensadores		
	2.10. Mais Estado de Carga	2.10.1. Não foram identificados cenários credíveis	2.10.1.1.	1. Sem condensadores		
	2.11. Menos temperatura	2.11.1. Não foram identificados cenários credíveis	2.11.1.1.	1. O equipamento elétrico pode funcionar com temperaturas até -10dC		
	2.12. Mais temperatura	2.12.1. Falha de arrefecimento dos alternadores - arrefecimento a ar.	2.12.1.1. Projeto para 50dC. Se a temperatura exterior for superior, o equipamento pode sobreaquecer e ficar danificado.	1. Alarmes de temperatura elevada 2. Disparo por temperatura alta-alta 3. Alimentação direta da ventilação dos alternadores 4. Funcionamento a capacidade reduzida para limitar a produção de calor.		Alternadores no interior de um compartimento do navio - aumento da temperatura devido à produção de calor.
		2.12.2. Falha de arrefecimento nos transformadores - arrefecimento a ar.	2.12.2.1. Projeto para 50dC. Se a temperatura exterior for superior, o equipamento pode sobreaquecer e ficar danificado.	1. Alarmes de temperatura elevada 2. Disparo por temperatura alta 3. Os transformadores estão ao ar livre 4. Funcionamento com capacidade reduzida para limitar a saída de calor.		
	2.13. Nenhuma / Menos força dieléctrica	2.13.1. Falha de isolamento por curto-circuito e sobrecorrente	2.13.1.1. Danos no equipamento.	1. Durante a manutenção, são medidas as resistências dieléctrica do equipamento. 2. Os sistemas de proteção funcionam se houver um curto-circuito. 3. A resistência dieléctrica dos cabos é selecionada com base nas temperaturas globais de funcionamento e na radiação solar		
	2.14. Harmónicos	2.14.1. Não foram identificados problemas - a central não tem fontes que possam gerar problemas de harmónicas.		4. Rondas de inspeção de rotina que podem detetar o início da degradação da resistência dieléctrica		
	2.15. Campos electromagnéticos	2.15.1. Geradas por sistemas eléctricos	2.15.1.1. Possíveis danos no equipamento ou carga induzida nas tubagens, etc.	1. Equipamento elétrico compatível com os EMF 2. Os sistemas de ligação à terra evitam a acumulação de cargas nos sistemas metálicos.		
	2.16. Não manutenção	2.16.1. Durante o funcionamento normal, a manutenção é difícil devido aos sistemas energizados	2.16.1.1. Possibilidade de eletrocussão do pessoal	1. Manutenção efectuada com os sistemas desactivados. 2. O tempo de paragem para manutenção é considerado na fase de contratação		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Desvio	Causa	Consequências	Salvaguardas	Recomendações	Observações
		2.16.2. Os serviços de manutenção podem não ser possíveis em alguns países	2.16.2.1. Impossibilidade de manter o equipamento.	1. O KPS regressa ao estaleiro para manutenção		
	2.17. Sem serviços	2.17.1. Perda de fornecimento de vapor	2.17.1.1. Paragem do gerador de vapor	1. Ver o nó "Falta de corrente - falha ou disparo do gerador de vapor"		
	2.18. Outros	2.18.1. Tempo de paragem prolongado	2.18.1.1. Potencial de perda de força dieléctrica	1. Ver nó "Sem / Menos força dieléctrica"		
			2.18.1.2. Danos no alternador devido à entrada de humidade atmosférica, com potencial para curto-circuito e aumento dos danos.	1. Aquecedores nos alternadores para evitar a humidade - funcionam quando o alternador se desliga.		
				2. Alternadores de reserva disponíveis.		
		2.18.2. Fuga de vapor da alimentação de vapor		1. Corte da alimentação de vapor em caso de fuga.		
				2. PPE		
3. Sistemas de baixa tensão, incluindo arranque	3.1. Não / corrente eléctrica	3.1.1. disjuntores de BT falham (abertos)	3.1.1.1. Não há alimentação para o sistema BT no navio - sistemas críticos	1. Disjuntores totalmente redundantes (de reserva)		4 Alternadores a bordo
				2. Disjuntores de reserva a frio a bordo		
				3. Disjuntores de acoplamento fechados automaticamente para fornecer energia		
				4. Alarmes do sistema elétrico		
				5. Gerador de arranque		
				6. Ligação cruzada entre armários de distribuição de energia		
				7. UPS - fornece energia de reserva (baterias) - fornece energia a sistemas críticos.		
			3.1.1.2. Impossibilidade de arranque de seis alternadores (conforme a localização de avaria)	1. Disjuntores totalmente redundantes (de reserva)		
				2. Disjuntores de reserva a bordo		
				3. Os disjuntores de acoplamento fecham-se automaticamente para fornecer energia		
				4. Gerador de arranque		
				5. Alarmes do sistema elétrico		
				6. Ligação cruzada entre armários de distribuição de energia		
		3.1.2. Falha do transformador abaixador	3.1.2.1. Não há alimentação para o sistema BT no navio - sistemas críticos	1. Transformadores totalmente redundantes (de reserva) que podem fornecer todos os requisitos elétricos		11 transformadores abaixadores a bordo
				2. Um transformador de reserva transportado a bordo.		
				3. Alarmes do sistema elétrico		
				4. Gerador de arranque		
				5. Ligação cruzada entre armários de distribuição de energia		
				6. UPS - fornece energia de reserva (baterias) - fornece energia a sistemas críticos.		
			3.1.2.2. Impossibilidade de arranque de seis dos alternadores (consoante a localização da avaria)	1. Transformadores totalmente redundantes (de reserva) que podem fornecer todos os requisitos eléctricos		
				2. Um transformador de reserva transportado a bordo.		
				3. Gerador de arranque		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Desvio	Causa	Consequências	Salvaguardas	Recomendações	Observações
				4. Alarmes do sistema elétrico		
				5. Ligação cruzada entre armários de distribuição de energia		
		3.1.3. Falha do gerador de arranque devido a um problema elétrico, mecânico ou de combustível	3.1.3.1. Não é possível efetuar o arranque	1. Manutenção e ensaio do gerador de arranque.		
				2. Alarmes do sistema elétrico		
				3. Conversores de frequência utilizados para fornecer energia na frequência correcta a partir do gerador do lado do navio.		
				4. Fornecimento de corrente inversa da rede.		
				5. UPS - fornece energia de reserva (baterias) - fornece energia a sistemas críticos.		
				6. Possibilidade de utilizar o gerador de emergência do navio		
	3.2. Mais corrente eléctrica	3.2.1. Curto-circuito no sistema BT	3.2.1.1. Parte do sistema de BT desliga-se devido ao curto-circuito	1. Alarmes do sistema elétrico		
				2. Ligação cruzada entre armários de distribuição de energia		
		3.2.2. O gerador de emergência arranca quando não é necessário devido a uma avaria	3.2.2.1. Danos no sistema elétrico.	1. O sistema de controlo e os encravamentos impedem a abertura do disjuntor do gerador de arranque se os dois disjuntores de alimentação estiverem fechados.		
	3.3. Corrente inversa	3.3.1. A corrente inversa é uma condição normal - dependendo da configuração operacional.	3.3.1.1.			
	3.4. Parte da corrente eléctrica	3.4.1. Perda de uma fase	3.4.1.1. Não é um problema significativo para os sistemas de BT			
	3.5. Não / Menos tensão	3.5.1. A falha do transformador abaixador fornece uma tensão inferior à necessária para o sistema BT.	3.5.1.1. Perda de alimentação eléctrica os disjuntores abrir-se-ão em resposta	1. Transformadores totalmente redundantes (de reserva) que podem fornecer todos os requisitos elétricos		
				2. Um transformador de reserva transportado a bordo.		
				3. Alarmes do sistema elétrico		
				4. Gerador de arranque		
				5. Ligação cruzada entre armários de distribuição de energia		
				6. UPS - fornece energia de reserva (baterias) - fornece energia a sistemas críticos.		
	3.6. Mais tensão	3.6.1. A avaria do transformador abaixador fornece uma tensão superior à pretendida para o sistema BT.	3.6.1.1. Sistema de BT alimentado com uma tensão superior à necessária - danos no sistema elétrico e nos consumidores	1. O sistema de proteção abre os disjuntores para desligar a alimentação eléctrica.		
				2. Alarmes do sistema elétrico		
				3. O transformador avariado pode ser isolado.		
				4. Transformadores totalmente redundantes (de reserva) que podem fornecer todos os requisitos elétricos		
				5. Um transformador de reserva transportado a bordo.		
	3.7. Não / Menos Frequência	3.7.1. Falha na conversão de frequência	3.7.1.1. Se o KPS estiver a fornecer energia para terra, a perda do conversor resultaria na perda de alimentação eléctrica no lado do navio	1. Gerador de emergência no sistema do lado do navio		Lado da central a 50 Hz e lado do navio a 60 Hz
				2. Alarmes do sistema elétrico		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Desvio	Causa	Consequências	Salvaguardas	Recomendações	Observações
			3.7.1.2. Se o KPS estiver a navegar - a iluminação lateral da central pode não estar disponível para rondas de inspeção			
	3.8. Mais frequência	3.8.1. Falha na conversão de frequência	3.8.1.1. Se o KPS estiver a fornecer energia, a perda do conversor resultaria na perda de alimentação eléctrica dos alojamentos a bordo.	1. Gerador de emergência no sistema do lado do navio		Lado da central a 50 Hz e lado do navio a 60 Hz
				2. Alarmes do sistema elétrico		
			3.8.1.2. Se o KPS estiver a navegar - a iluminação lateral da central pode não estar disponível para rondas de inspeção			
	3.9. Parte da frequência	3.9.1. Perda de uma fase	3.9.1.1. Não é um problema significativo para os sistemas de BT			
	3.10. Não / Menos Estado de Carga	3.10.1. Não foram identificados cenários credíveis	3.10.1.1.			
	3.11. Mais carga	3.11.1. Não foram identificados cenários credíveis	3.11.1.1.			
	3.12. Baixa temperatura	3.12.1. Não foram identificados cenários credíveis	3.12.1.1.			
	3.13. Mais temperatura	3.13.1. Falha de arrefecimento nos transformadores - arrefecidos a ar.	3.13.1.1. Projeto para 50dC. Se a temperatura exterior for superior, o equipamento poderá sobreaquecer e o desempenho diminuirá devido à redução da carga necessária.	1. Alarmes de temperatura alta		
				2. Disparo por temperatura elevada		
				3. ventilação na sala de transformadores de MT		
				4. Funcionamento com capacidade reduzida para limitar a produção de calor.		
	3.14. Não / Menos Resistência dieléctrica	3.14.1. A falha de isolamento causa curto-circuito e sobrecorrente	3.14.1.1. Danos no equipamento - perda da alimentação eléctrica de BT	1. Durante a manutenção, são medidas as resistências dieléctrica dos equipamentos.		
				2. Os sistemas de proteção funcionam em caso de curto-circuito.		
				3. Alarmes do sistema elétrico		
				4. Ligação cruzada entre armários de distribuição de energia		
	3.15. Harmónicas	3.15.1. Não foram identificados cenários credíveis	3.15.1.1.			
	3.16. Campos electromagnéticos	3.16.1. Não foram identificados cenários credíveis	3.16.1.1.			
	3.17. Sem manutenção	3.17.1. Substituição de um transformador.	3.17.1.1. Riscos associados à elevação e deslocação de equipamento pesado e ao trabalho em sistemas eléctricos.	1. Tal só será efectuado se for absolutamente necessário.		
				2. Comandos das operações de elevação		
				3. Controlos para trabalhar em sistemas de energia		
				4. Pessoal formado e competente.		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Numero	Desvio	Causa	Consequências	Salvaguardas	Recomendações	Observações
	3.18. Sem serviços	3.18.1. Não foram identificados cenários credíveis	3.18.1.1.			
	3.19. Outros	3.19.1. Falha do sistema UPS - falha eléctrica, falha da bateria	3.19.1.1. Possibilidade de os sistemas de controlo, comunicação e proteção das instalações ficarem fora de serviço. Perda de sistemas de energia normais como resultado.	1. Os instrumentos da UPS que detalham o estado do sistema		Note que a UPS é uma salvaguarda (sistema de proteção)
				2. Teste e manutenção da UPS		
				3. Alarmes de descarga e de estado de carga da UPS		
				4. A UPS pode ser ignorada.		
				5. Gerador de emergência		
				6. Gerador de arranque de emergência		

©Lloyd's Register Advisory Services B.V. 2023

Pessoa de contacto Erik Vroegrijk

Perigo, Risco e Fiabilidade

Lloyd's Register Global Technology Centre, Hampshire House, Hampshire Corporate Park, Southampton, Hampshire, SO53 3RY, Reino Unido

Nome registado Lloyd's Register Advisory Services B.V.

t: +4478-0574-6394

e: erik.vroegrijk@lr.org w: lr.org/

O Lloyd's Register Group Limited, as suas subsidiárias e filiais e os respectivos responsáveis, empregados ou agentes são, individual e coletivamente, referidos nesta cláusula como "Lloyd's Register". O Lloyd's Register não assume qualquer responsabilidade e não poderá ser responsabilizado perante qualquer pessoa por qualquer perda, dano ou despesa causados pela confiança na informação ou aconselhamento contidos neste documento ou de qualquer outra forma fornecidos, a menos que essa pessoa tenha assinado um contrato com a entidade relevante do Lloyd's Register para o fornecimento dessa informação ou aconselhamento e, nesse caso, qualquer responsabilidade ou obrigação é exclusivamente nos termos e condições estabelecidos nesse contrato.

Exceto nos casos permitidos pela legislação em vigor, nenhuma parte deste trabalho pode ser fotocopiada, armazenada num sistema de recuperação, publicada, executada em público, adaptada, difundida, transmitida, gravada ou reproduzida sob qualquer forma ou por qualquer meio, sem a autorização prévia do proprietário dos direitos de autor.

Os pedidos de informação devem ser dirigidos ao Lloyd's Register, 71 Fenchurch Street, Londres, EC3M 4BS.

©Lloyd's Register 2023.