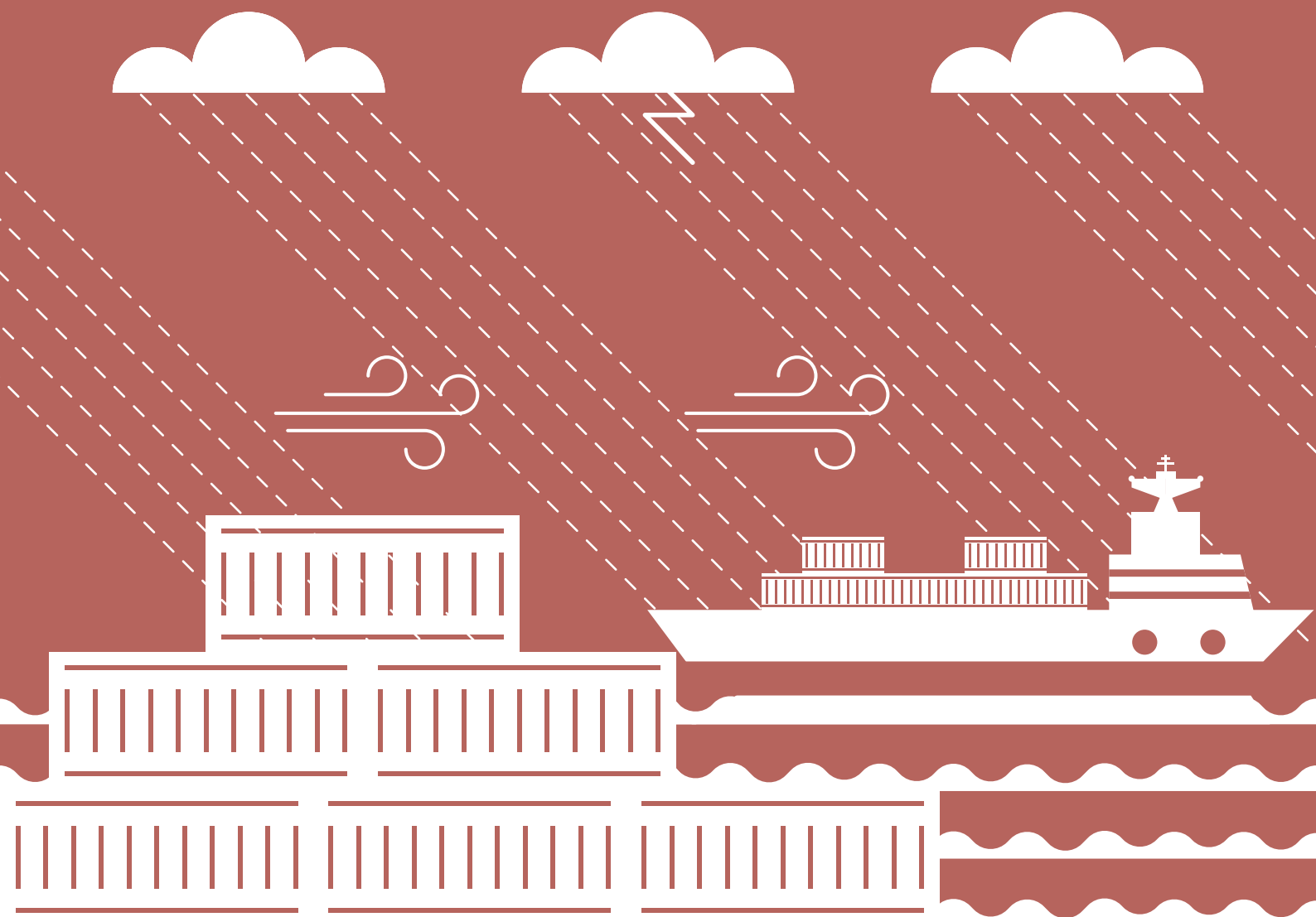


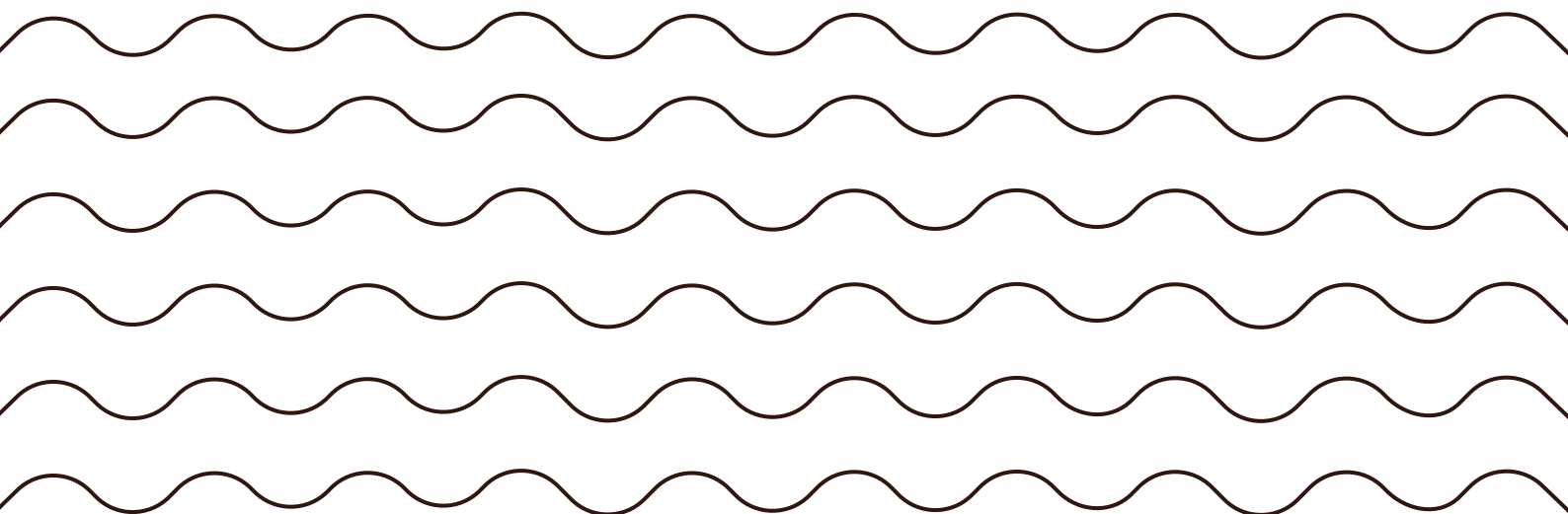


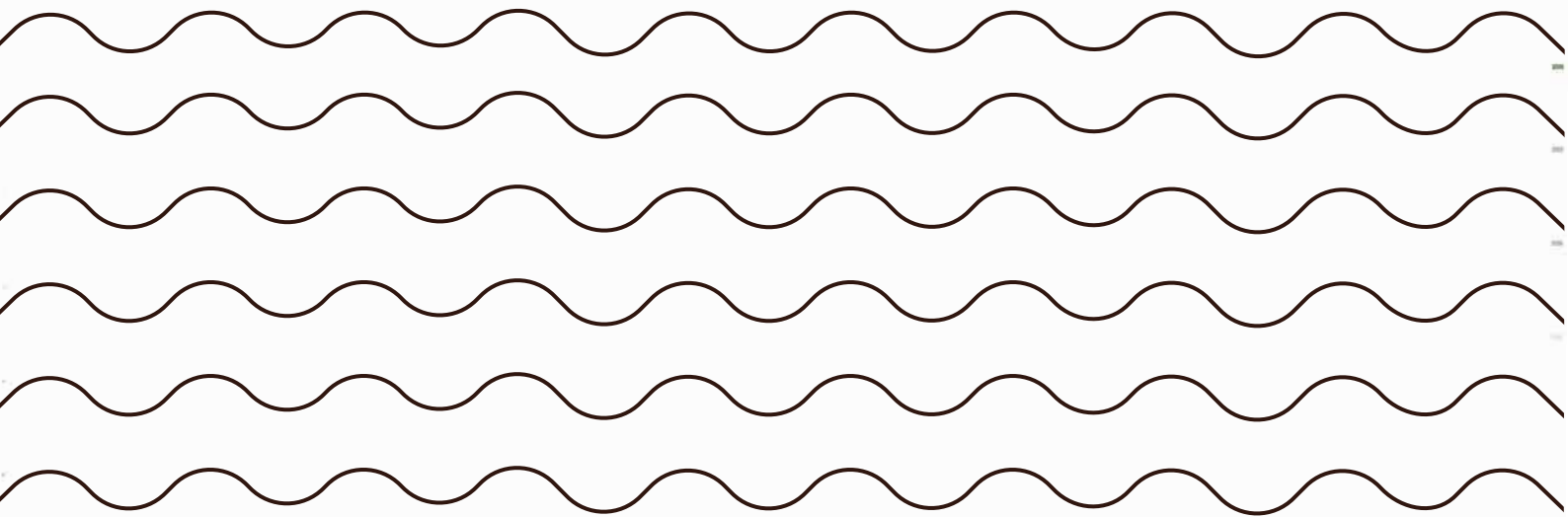
LEVANTAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO E MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO PARA **INFRAESTRUTURAS PORTUÁRIAS**

**Relatório Final
Porto de Santos**

Relatório Final Porto de Santos

LEVANTAMENTO DE
RISCO CLIMÁTICO E
MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO
PARA **INFRAESTRUTURAS
PORTUÁRIAS**





FICHA DE IDENTIFICAÇÃO

Cliente	Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ)
Projeto	Levantamento de Risco Climático e Proposições de Medidas de Adaptação Para Infraestruturas Portuárias
Tipo de Documento	Relatório Final
Data	25 de maio de 2023
Nome do arquivo	Relatório Final
Confidencialidade	Confidencial
Idioma do documento	Português
Número de páginas	259
Versão	V4

Essa publicação foi realizada por uma equipe formada por consultores independentes sob a coordenação da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) e Cooperação Alemã Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), por meio dos projetos Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI) e Apoio ao Brasil na Implementação da Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (ProAdapta). Os projetos foram pactuados no âmbito da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI, sigla em alemão), do Ministério Federal do

Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Segurança Nuclear e Proteção ao Consumidor da Alemanha (BMUV, sigla em alemão). Participaram desse processo as autoridades portuárias da Bahia (CODEBA), de Santos (SPA) e do Rio Grande (Portos RS). Todas as opiniões aqui expressas são de inteira responsabilidade dos autores, não refletindo necessariamente a posição da GIZ, da ANTAQ ou dos demais parceiros executores. Este documento não foi submetido à revisão editorial.

EXPEDIENTE

ELABORAÇÃO

I Care by Bearing Point

Leonardo Furquim Werneck

Victor Pires Gonçalves

Rafael José Rorato

Argemiro Teixeira

Camila Rocha

Audrey Gonçalves

EQUIPE TÉCNICA

Agência Nacional de Transportes

Aquaviários (ANTAQ)

José Renato Ribas Fialho - Superintendência de Desempenho, Desenvolvimento e Sustentabilidade (SDS)

José Gonçalves Moreira Neto - Gerência de Desenvolvimento e Estudos (GDE)

Ana Paula Harumi Higa - GDE

Livia Resende Lara - GDE

Uirá Cavalcante Oliveira - Gerência de Meio Ambiente e Sustentabilidade (GMS)

Anderson Paz da Silva - GMS

Alessandro Max Barros Bearzi - GMS

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ana Carolina Câmara - Diretora de Projetos
Eduarda Silva Rodrigues de Freitas - Assessora Técnica

Pablo Borges de Amorim - Assessor Técnico

Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DIIAV-INPE)

Lincoln Muniz Alves

Autoridade Portuária de Santos

Bruno Takano

DIAGRAMAÇÃO

Daniel Freitas

CONTATOS

ANTAQ

SEPN Quadra 514, Conjunto "E", Edifício ANTAQ, SDS, 3º andar, Brasília - DF

CEP 70760-545

T + 55 61 2029-6764

GIZ

Sede da GIZ: Bonn e Eschborn

GIZ Agência Brasília

SCN Quadra 01 Bloco C Sala 1501

Ed. Brasília Trade Center 70.711-902 Brasília/DF

T + 55-61-2101-2170

E giz-brasilien@giz.de

www.giz.de/brasil

A encargo de:

Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Segurança Nuclear e Defesa do Consumidor (BMUV) da Alemanha

BMUV Bonn:

Robert-Schuman-Platz 3 53175 Bonn, Alemanha

T +49 (0) 228 99 305-0

Diretora de Projetos:

Ana Carolina Câmara

T: +55 61 9 99 89 71 71

T: +55 61 2101 2098

E: ana-carolina.camara@giz.de

Brasília, maio de 2023.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	17
4. RESULTADOS	52
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	169
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	179
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	181
APÊNDICES	187

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Localização do Porto de Santos

Figura 2: Zoneamento Portuário

Figura 3: Etapas do levantamento de riscos climáticos e medidas de adaptação

Figura 4: Processo para estabelecer o risco climático sobre a infraestrutura

Figura 5: Reunião realizada ao longo do projeto

Figura 6: Elementos da estrutura de uma cadeia de impacto

Figura 7: Fluxograma dos passos adotados na etapa de levantamento da probabilidade das ameaças climáticas

Figura 8: Planilha utilizada para construção da escala de severidade

Figura 9: Matriz de risco e mapa de cor

Figura 10: Imagem do nevoeiro no dia 29 de junho de 2019 (porto ao fundo da imagem)

Figura 11: Cinco maiores mercadorias (carga) em milhões de toneladas para o Porto de Santos

Figura 12: Histórico da movimentação do Porto de Santos

Figura 13: Margem Direita – Ponta da Praia e Macuco

Figura 14: Margem Direita – Outerinhos e Paquetá

Figura 15: Margem Direita – Valongo e Saboó

Figura 16: Margem Direita – Alemoa

Figura 17: Margem Esquerda – Conceiçãozinha e Guarujá

Figura 18: Margem Esquerda – Ilha Barnabé

Figura 19: Carta Náutica e Zoneamento do porto de Santos

Figura 20: Bacias de Evolução e Fundeadouros do Porto de Santos

Figura 21: Sinalização náutica no canal do Porto de Santos com boias de boreste e bombordo

Figura 22: Histórico de paralisações para o ano de 2018

Figura 23: Histórico de paralisações para o ano de 2019

Figura 24: Histórico de paralisações para o ano de 2020

Figura 25: Distribuição temporal de paralisações

Figura 26: Correlação entre paralisações e nebulosidade para o ano de 2020

Figura 27: Correlação entre paralisações e velocidade do vento para o ano de 2020

Figura 28: Correlação entre paralisações e nebulosidade para o ano de 2020

Figura 29: Correlação entre paralisações e Nebulosidade média – Nuvens baixas para o período de Inverno do ano de 2020

Figura 30: Correlação entre paralisações e Velocidade do vento a 10m de altura para o primeiro semestre de 2020

Figura 31: Correlação entre paralisações e Precipitação para setembro e outubro, período com início no maior volume de chuvas

Figura 32: Cadeia de impacto para vendavais em função da alteração nos padrões de ventos

Figura 33: Cadeia de impacto para enchentes e inundação fluvial em decorrência de alterações nos regimes pluviométricos

Figura 34: Cadeia de impacto para tempestades

Figura 35: Cadeia de impacto para ressaca

Figura 36: Cadeia de impacto para aumento do nível do mar

Figura 37: Cadeia de impacto para neblina

Figura 38: Anomalia do nível do mar para o período de 1993–2018 no Porto de Santos

Figura 39: Defensas, cabeços de amarração e altura entre cais e linha d'água

Figura 40: Infraestrutura de suporte ao transportador contínuo: TEAG, Porto de Santos

Figura 41: Histograma quantitativo absoluto dos equipamentos sujeitos a impactos climáticos no Porto de Santos, Margem Direita e Margem Esquerda

Figura 42: Histograma quantitativo absoluto dos equipamentos sujeitos a impactos climáticos no

Porto de Santos, Margem Esquerda

Figura 43: Histograma quantitativo relativo dos equipamentos sujeitos a impactos climáticos na Margem Direita

Figura 44: Histograma quantitativo relativo dos equipamentos sujeitos a impactos climáticos na Margem Esquerda

Figura 45:Portainer SSZ 41 Brasil Terminal Portuário

Figura 46: Shipunloader com grab SSZ 12 Terminal Marítimo do Guarujá

Figura 47: Shiploader SSZ 27 Companhia Auxiliar de Armazéns Gerais – Teaçu 3

Figura 48: Ponte ferroviária sobre o Canal de Bertioga

Figura 49: Área inundada para o cenário de altas emissões (SSP5–8.5) para o ano de 2050 para Santos

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo das informações utilizadas para definir os critérios da customização climática

Tabela 2: Indicadores climáticos relevantes no Porto de Santos

Tabela 3: Modelos utilizados na análise

Tabela 4: Escala de Probabilidade para a linha de base do Porto de Santos

Tabela 5: Tabela resumo do nível de concordância

Tabela 6: Grupos de técnicos consultados para construção da Escala de Severidade

Tabela 7: Estrutura de apresentação do risco por interação ameaça climática – infraestrutura

Tabela 8: Padronização de cores para a escala de probabilidade

Tabela 9: Escala de Severidade Estrutural para Granéis Sólidos, Líquidos e Gasosos

Tabela 10: Escala de Severidade Estrutural para Contêineres e Celulose

Tabela 11: Escala de Severidade Operacional para Granéis Sólidos, Líquidos e Gasosos

Tabela 12: Escala de Severidade Operacional para Contêineres e Celulose

Tabela 13: Escala de Severidade Estrutural para características e danos comuns a todos operadores do complexo portuário

Tabela 14: Escala de Severidade Operacional para características e danos comuns a todos operadores

do complexo portuário

Tabela 15: Escala de risco dos impactos

Tabela 16: Descrição técnica do canal de acesso

Tabela 17: Descrição técnica das bacias de evolução

Tabela 18: Compilação de danos obtidos por pesquisa no Porto de Santos

Tabela 19: Potenciais impactos climáticos nos canais de acesso

Tabela 20: Potenciais impactos climáticos nas bacias de evolução

Tabela 21: Potenciais impactos climáticos associados à operação na Margem Direita do Porto Organizado de Santos

Tabela 22: Potenciais danos causados por eventos climáticos na Margem Direita do Porto Organizado de Santos

Tabela 23: Potenciais impactos climáticos associados à operação na Margem Esquerda do Porto Organizado de Santos

Tabela 24: Potenciais danos causados por eventos climáticos na Margem Esquerda do Porto Organizado de Santos

Tabela 25: Resumo das condições climáticas observadas e das projeções futuras

Tabela 26: Classificação de probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas no Porto de Santos

Tabela 27: Nível de confiabilidade para o período de 2021 a 2040

Tabela 28: Nível de confiabilidade para o período de 2041 a 2060

Tabela 29: Nível de confiabilidade para o período de 2081 a 2100

Tabela 30: Equipamentos portuários abordados no estudo

Tabela 31: Acessibilidade terrestre dos operadores portuários abordados no estudo

Tabela 32: Infraestruturas avaliadas na definição de pontuação de severidade para o Porto de Santos

Tabela 33: Potenciais impactos climáticos nos canais de acesso

Tabela 34: Potenciais impactos climáticos nas bacias de evolução

Tabela 35: Potenciais impactos climáticos na Margem Direita

Tabela 36: Potenciais impactos causados na Margem Direita

Tabela 37: Potenciais impactos climáticos na Margem Esquerda

Tabela 38: Potenciais impactos climáticos causados na Margem Esquerda

Tabela 39: Escala de Severidade Estrutural para Granéis Sólidos, Líquidos e Gasosos

Tabela 40: Escala de Severidade Estrutural para

Contêineres e Celulose

Tabela 41: Escala de Severidade Operacional para Granéis Sólidos, Líquidos e Gasosos

Tabela 42: Escala de Severidade Operacional para Contêineres e Celulose

Tabela 43: Escala de Severidade Estrutural para características e danos comuns a todos operadores do complexo portuário

Tabela 44: Escala de Severidade Operacional para características e danos comuns a todos operadores do complexo portuário

Tabela 45: Nível de classificação evento–infraestrutura–severidade para Contêineres – severidade estrutural

Tabela 46: Nível de classificação evento–operação–severidade para Contêineres – severidade operacional

Tabela 47: Nível de classificação evento–infraestrutura–severidade para Granéis Líquidos e Produtos Gasosos – severidade estrutural

Tabela 48: Nível de classificação evento–operação–severidade para Granéis Líquidos e Produtos Gasosos – severidade operacional

Tabela 49: Nível de classificação evento–infraestrutura–severidade para Granéis Sólidos – severidade estrutural

Tabela 50: Nível de classificação evento–operação–severidade para Granéis Sólidos – severidade operacional

Tabela 51: Nível de classificação evento–
infraestrutura–severidade para Celulose –
severidade estrutural

Tabela 52: Nível de classificação evento–
operação–severidade para Celulose – severidade
operacional

Tabela 65: Risco estrutural para Contêineres

Tabela 66: Risco operacional para Contêineres

Tabela 67: Resumo do risco estrutural para
Contêineres

Tabela 68: Resumo do risco operacional para
Contêineres

Tabela 53: Risco estrutural para Granéis
Líquidos

Tabela 54: Risco operacional para Granéis
Líquidos

Tabela 55: Resumo do risco estrutural para Granéis
Líquidos

Tabela 56: Resumo do risco operacional para
Granéis Líquidos

Tabela 61: Risco estrutural para Produtos
Gasosos

Tabela 62: Risco operacional para Produtos
Gasosos

Tabela 63: Resumo do risco estrutural para Produtos
Gasosos

Tabela 64: Resumo do risco operacional para
Produtos Gasosos

Tabela 57: Risco estrutural para Granéis
Sólidos

Tabela 58: Risco operacional para granéis
sólidos

Tabela 59: Resumo do risco estrutural para Granéis
Sólidos

Tabela 60: Resumo do risco operacional para
Granéis Sólidos

Tabela 69: Risco estrutural para Carga Geral
(Celulose)

Tabela 70: Risco operacional para Carga Geral
(Celulose)

Tabela 71: Resumo do risco estrutural para Carga
Geral (Celulose)

Tabela 72:Resumo do risco operacional para Carga
Geral (Celulose)

Tabela 73:Ficha Medidas de Adaptação para o Porto
de Santos

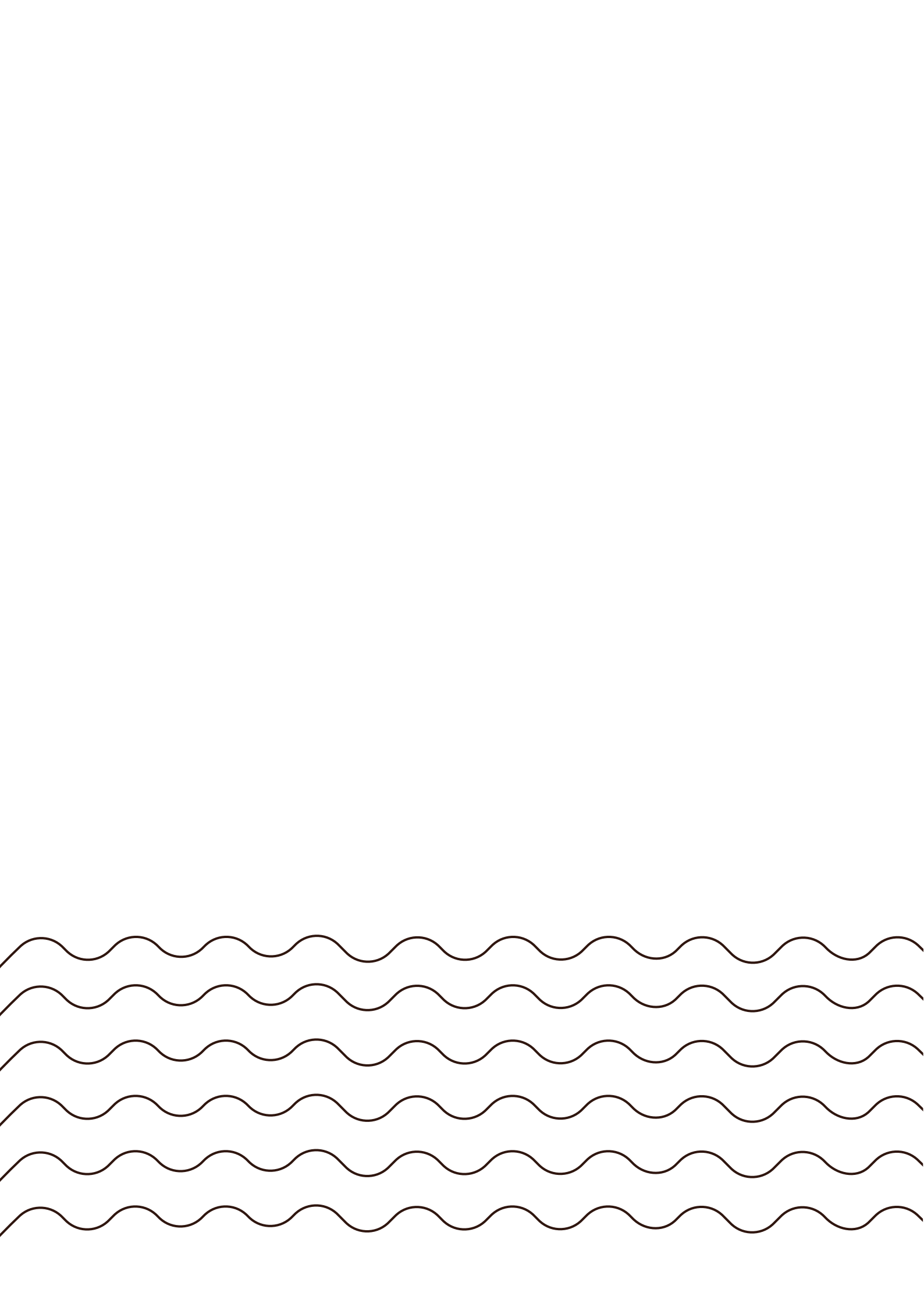
Tabela 74:Respostas às perguntas
norteadoras

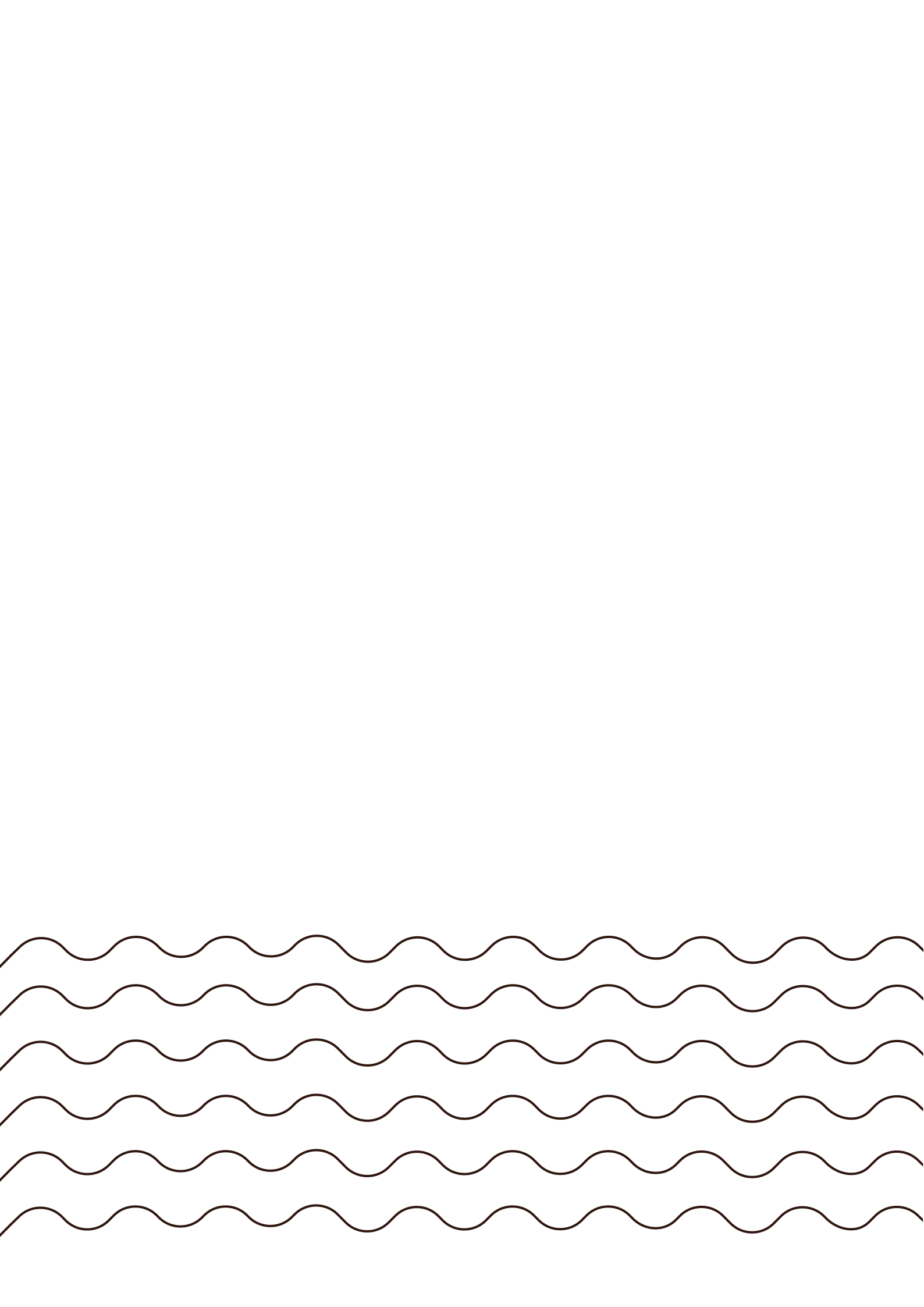
Tabela 75:Respostas às perguntas norteadoras202

Tabela 76:Respostas às perguntas
norteadoras

Tabela 77: Respostas às perguntas
norteadoras

Tabela 78: Respostas às perguntas
norteadoras





Apresentação

Segundo o IPCC a mudança climática, induzida pelo homem, vem afetando praticamente o mundo todo, e com isso já se observam inúmeras alterações e riscos em diversos setores e atividades econômicas (IPCC, 2021). No desenvolvimento do eixo 1 do presente estudo, constatou-se que a operação portuária é diretamente afetada pelas tempestades, condições de ventos, ondas e nível do mar, com impactos que abarcam desde a paralisação da navegação dentro da área portuária, por conta da agitação do mar e ventos intensos, até a paralisação da operação de retaguarda e cais por ventos fortes, confirmando o alerta de Becker de que “a intensificação e o aumento da frequência dos eventos extremos, bem como o aumento do nível do mar, podem causar danos e prejuízos consideráveis, tais como o colapso de infraestruturas e paralizações em operações portuárias” (BECKER et al. 2018).

A Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), por intermédio das gerências de Desenvolvimento e Estudos e de Meio Ambiente e Sustentabilidade, ambas da Superintendência de Desenvolvimento, Desempenho e Sustentabilidade, em parceria com a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, realizou, em 2021, uma avaliação geral dos riscos climáticos presentes e futuros em 21 portos costeiros brasileiros. Um dos resultados dessa avaliação foi a elaboração de um ranking dos portos classificados com maior risco para as ameaças de tempestade, vendaval e aumento do nível do mar.

A partir desse ranking e considerando outros critérios como recorte regional e a perspectiva de novos investimentos materializada em arrendamentos qualificados no Programa de Parceria de Investimentos – PPI, foram selecionados os portos de Aratu/ BA, Rio Grande/ RS e Santos/ SP para uma levantamento de risco climático customizado e detalhado, baseado nas suas infraestruturas e operações, nos impactos da mudança do clima já verificados e nos impactos potenciais em diferentes cenários de emissão de gases de efeito estufa e horizontes temporais futuros, bem como desafios que cada porto possui para levar adiante estratégias de adaptação.

Esse levantamento customizado para os três portos mencionados apresentou como diferencial, em relação à avaliação geral feita anteriormente, o detalhamento das ameaças climáticas, a análise por tipo de carga e equipamentos e o levantamento de medidas de adaptação específicas para cada porto.

O presente documento apresenta os principais resultados do levantamento de risco climático para o Porto de Santos (SP).

1 :: Introdução

Importantes viabilizadores do acesso brasileiro ao mercado internacional, os portos vêm observando, com cada vez mais frequência, os efeitos decorrentes da crise climática global, verificando impactos tanto sobre a operação quanto sobre sua infraestrutura (ANTAQ, 2021a). A operação portuária é diretamente afetada pelas tempestades, condições de ventos, ondas e nível do mar, com impactos que abarcam desde a paralisação da navegação dentro da área portuária, por conta da agitação do mar e ventos intensos, até a paralisação da operação de retaguarda e cais por ventos fortes (FIGUEIREDO et al., 2016; MOSER et al., 2018).

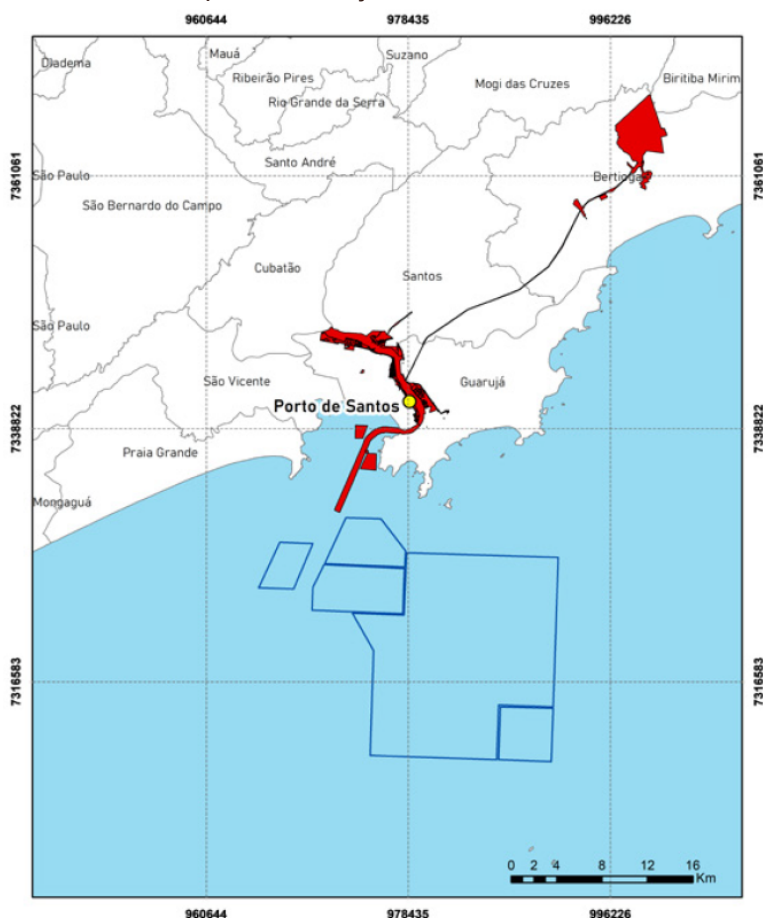
Esses eventos climáticos extremos, mais frequentes devido às alterações climáticas em curso, vêm provocando danos diretos e indiretos na infraestrutura mundial, sendo que as perdas econômicas foram estimadas em 330 bilhões de dólares em 2017. É estimado também que os custos de adaptação para as infraestruturas alcancem entre 150 e 450 bilhões de dólares por ano em 2050 (UNEP, 2018).

Por isso, dada a necessidade de gerar informações confiáveis para o planejamento dos portos brasileiros, sobretudo em função dos investimentos por meio do Programa de Parcerias de Investimento (PPI) do Governo Federal, a avaliação da probabilidade e severidade dos eventos extremos históricos e futuros nos portos selecionados é uma peça fundamental para o planejamento de ações que poderiam ser adotadas pelo PPI para minimizar os danos no futuro e garantir que os portos brasileiros continuem a impulsionar o crescimento do país.

O Porto de Santos é um porto estuarino com canal de acesso que recebe vazões fluviais de tributários originados na Serra do Mar. Possui atividades direta e indiretamente relacionadas a Marinha Mercante localizadas nos municípios paulistas de Santos, Guarujá e Cubatão, onde o Porto está inserido (Figura 1). É o segundo maior complexo portuário da América Latina em movimentação de contêineres e responsável por, no mínimo, 25% do comércio exterior brasileiro (Santos Port Authority, 2021), exercendo operações que ocorrem durante 24 horas por dia, todos os dias do ano, conectando mais de 600 destinos e movimentando cargas de mais de 200 países.

A condição geográfica da planície estuarina da Baixada Santista provém um abrigo natural do complexo portuário, sem a necessidade de molhes, quebra-mares, polderes e diques para a proteção dos efeitos ondas e marés. Contudo, o terminal portuário de Santos, como a maior parte dos portos brasileiros, encontra-se inserido em um contexto urbano, tendo as áreas portuárias e retroportuárias impactadas pela expansão ou pelas operações de acesso terrestre, interferindo ou sendo interferida pelo tráfego urbano ou pelo clandestino uso e ocupação de áreas portuárias.

O Porto Organizado de Santos é caracterizado como de multipropósito. Nele são transportados materiais diversos, como grãos, sólidos vegetais e minerais, líquidos químicos e combustíveis. Além disso, o Porto possui áreas reservadas para transporte de cargas em geral e para o transporte de pessoas (Santos Port Authority, 2021). Quanto à classificação da funcionalidade das cargas marítimas, o complexo de terminais do Porto de Santos opera com carga geral (soltas, neogranéis e contêineres) e granéis (líquidos e sólidos) (MAGALHÃES, 2011).

Figura 1: Mapa de Localização do Porto de Santos**Mapa de Localização**

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zona 23S
 Projeção: Transversa de Mercator
 Datum: SIRGAS 2000
 Unidades: Metros
 Fonte: PDZ Santos, 2020

Legenda

- Porto de Santos - SP
- Poligonal do Porto de Santos
- Fundeadouros
- Municípios - São Paulo
- Oceano Atlântico



Fonte: Adaptado de Porto de Santos, 2020

Dada a importância do porto, a avaliação do risco climático e o levantamento de medidas de adaptação para a infraestrutura do Porto de Santos são essenciais para o processo de planejamento, que pode minimizar os impactos frente à mudança do clima.

Figura 2: Zoneamento Portuário



Fonte: Adaptado de Porto de Santos, 2021

Em relação aos impactos históricos, foi constatado, através consultas a bancos de dados, que o porto não possui uma série de dados que atribua relação entre danos estruturais e operacionais dentro do complexo portuário devido a eventos hidrometeorológicos e oceanográficos. Isso reforça a importância do estudo, que visa ampliar a visão do porto sobre os riscos climáticos.

2 :: OBJETIVOS

O escopo de estudo foi desenvolvido em várias oficinas e reuniões nas quais as definições do projeto foram pactuadas de maneira participativa. O escopo de estudo final compreendeu:

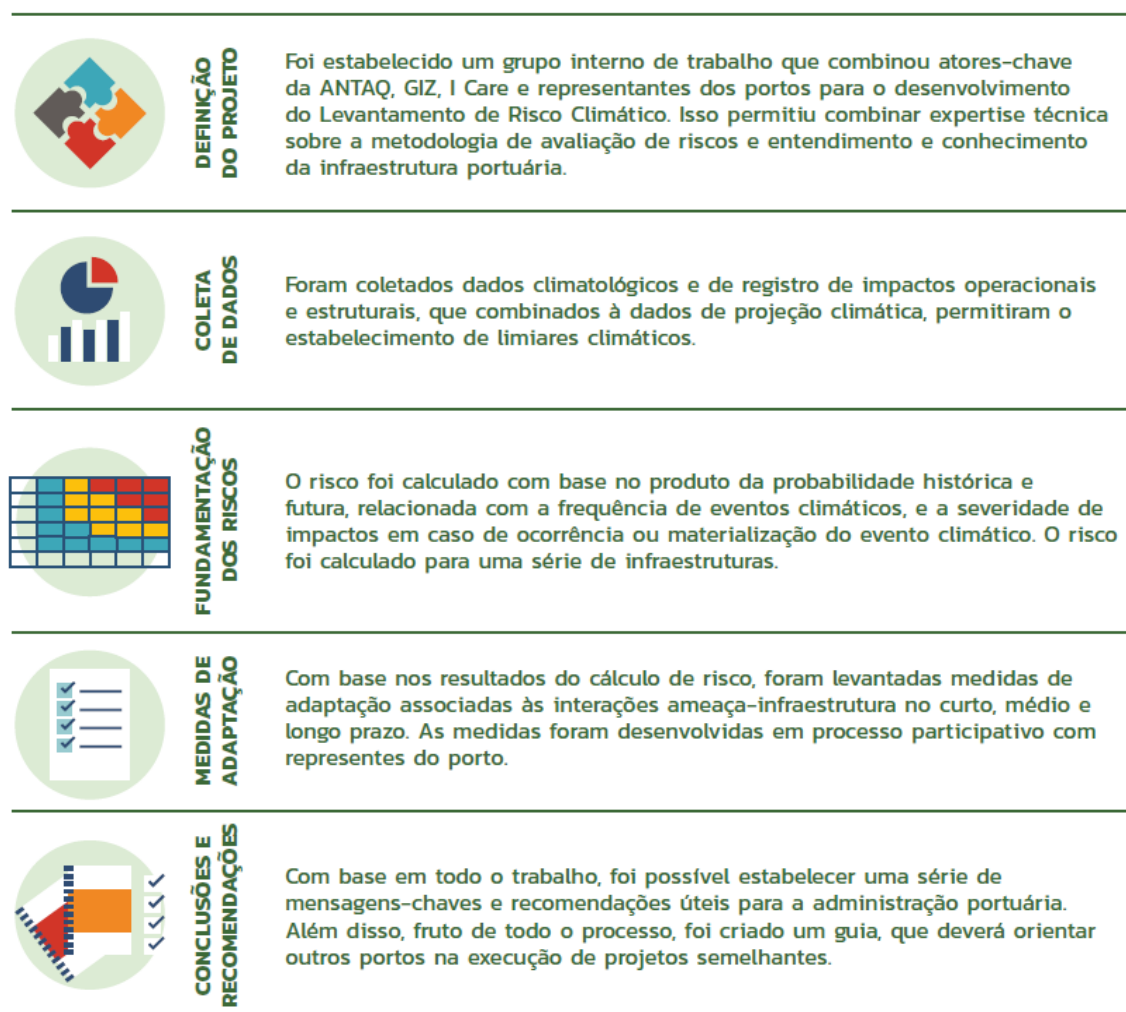
1. Apresentar o Protocolo PIEVC como uma ferramenta de gerenciamento de risco climático para o Porto de Santos;
2. Definir quais infraestruturas portuárias seriam analisadas no âmbito do estudo;
3. Identificar as ameaças climáticas atuais e futuras capazes de causar danos às infraestruturas selecionadas;
4. Levantar os riscos climáticos para as interações entre ameaças-infraestruturas;
5. Identificar possíveis recomendações e medidas de adaptação para a redução de riscos.

3 :: MATERIAIS E MÉTODOS

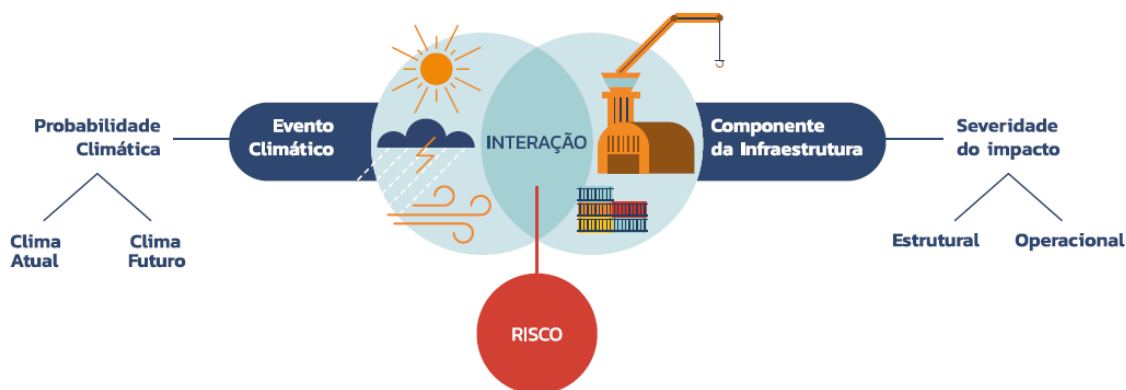
3.1. Protocolo PIEVC

A metodologia utilizada para o levantamento de risco climático baseou-se no Protocolo de Engenharia para Avaliação de Vulnerabilidade da Infraestrutura e Adaptação à Mudança do Clima (sigla em inglês, PIEVC), documento que descreve uma sequência lógica de como realizar uma avaliação do impacto da mudança do clima sobre infraestruturas e ativos (ENGINEERS CANADA, 2016). O protocolo fornece informações que auxiliam proprietários e operadores a avaliarem as condições de vulnerabilidade dos seus ativos e está alinhado à ISO 14.091 (ISO 2021), que trata da gestão de riscos climáticos para infraestruturas. Essa metodologia também foi utilizada para a análise de risco climático para o Porto de Itajaí, em 2019, por meio do projeto “Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestruturas (CSI)”, implementado pela GIZ.

A execução do trabalho, seguindo esse protocolo, estruturou-se em 5 etapas: definição do projeto, coleta de dados, levantamento de risco, levantamento de medidas de adaptação e recomendações. Essas etapas são destacadas na Figura 3.

Figura 3: Etapas do levantamento de riscos climáticos e medidas de adaptação

O levantamento de risco, etapa principal do estudo, é alcançado por meio da interação de informações de probabilidade e severidade (Figura 4).

Figura 4: Processo para estabelecer o risco climático sobre a infraestrutura

Fonte: Autoridade Portuária de Itajaí, 2020

A seguir, a estrutura metodológica é detalhada para melhor entendimento.

3.1.1. Passo 1: Definição do Projeto

No primeiro passo, deve ser estabelecido um grupo interno de trabalho competente para o desenvolvimento do levantamento de risco climático, o qual deve ser composto por um coordenador geral do estudo e uma equipe interdisciplinar cujas experiências e competências estejam ligadas aos tópicos de relevância para este estudo. Além disso, deve-se definir as infraestruturas que serão avaliadas e os atributos chaves como localização, condições gerais, problemas conhecidos, entre outros.

É importante criar uma aproximação com as partes interessadas para ganhar confiança e identificar os atores e técnicos relevantes para o desenvolvimento do estudo. Entrevistas ajudam a conhecer os pontos focais e auxiliam na identificação de possíveis vulnerabilidades climáticas. Visitas técnicas também são recomendadas para o desenvolvimento do estudo.

Este passo serve para restringir o foco do estudo e permitir processos eficientes de coleta de dados e levantamento de vulnerabilidades.

3.1.2. Passo 2: Coleta de Dados

O segundo passo está relacionado à coleta das informações relacionadas aos impactos causados por eventos climáticos extremos na infraestrutura e operação dos portos, uma das etapas mais importantes na condução de um levantamento de risco climático. Para entender melhor os impactos de eventos climáticos, a equipe técnica responsável pela condução do levantamento de risco poderá construir uma cadeia de impacto, ou cadeia de causa-efeito. Uma cadeia de impacto é uma ferramenta analítica que ajuda a entender melhor, sistematizar e priorizar os fatores que impulsionam o risco em um sistema (GIZ EURAC & UNU-EHS, 2018).

Essas informações apoiarão a identificação dos limiares climáticos, juntamente com informações relacionadas às práticas de operação e manutenção (normas regulamentadoras, procedimentos, diretrizes, código de prática, entre outros). A definição dos limiares é importante para o processo de levantamento da frequência de ocorrência das ameaças climáticas, que servirá de base para a definição das escalas e das pontuações de probabilidade.

Após a definição dos limiares, deve-se obter e processar os dados hidrometeorológicos para o período histórico e projetá-los no futuro através de modelos de clima associados à diferentes cenários de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE).

Nesta etapa, também deve-se realizar o levantamento dos ativos portuários, bem como número e detalhes dos componentes físicos das infraestruturas, localizações, considerações técnicas e de engenharia, tempo de existência, condição física, dentre outros.

3.1.3. Passo 3: Fundamentação dos Riscos

No passo 3 são estabelecidas quais infraestruturas e componentes são afetados por eventos climáticos. De acordo com o Protocolo PIEVC, para se estabelecer o risco climático, é necessária a definição da probabilidade de ocorrência do evento e a severidade com que esse evento impacta a infraestrutura:

Classificação de probabilidade: classificação que representa a probabilidade de ocorrência de um evento climático acima do limite identificado como potencialmente danoso, para a operação ou para a infraestrutura, podendo variar de 1 (quase nunca) até 5 (muito frequentemente);

Classificação de severidade: classificação dos impactos nos componentes da infraestrutura se o evento climático ocorrer, variando de 1 (impacto leve) até 5 (impacto catastrófico).

Os riscos devem ser avaliados sobre as condições climáticas históricas para estabelecer uma linha de base (baseline) e para o período futuros, considerando futuras mudanças no clima (projeções). Se possível, deve-se considerar também as condições projetadas da própria infraestrutura.

Na aplicação do protocolo PIEVC, o processo de avaliação não requer que todas as interações sejam objeto de maiores detalhamentos. As infraestruturas que não tiverem interação com um evento climático, não deverão ter o risco climático calculado. Outras interações entre ameaças e infraestruturas poderão ser identificadas como de alto risco e precisarão de ação imediata.

As interações que não apresentam uma clara resposta relacionada à vulnerabilidade poderão estar sujeitas a uma análise mais detalhada, podendo passar por uma análise de Engenharia (opcional).

3.1.3.1 Análise de Engenharia (opcional)

Esta etapa visa avaliações adicionais e estudos que normalmente incluiriam análises mais aprofundadas como, por exemplo:

Interações que requerem dados adicionais que não podem ser adquiridos dentro do cronograma da avaliação de risco atual;

Avaliação de eventos climáticos que contribuem especificamente para um risco elevado da infraestrutura, na qual o profissional e/ou o proprietário da infraestrutura determinam que uma melhor compreensão dos fatores que contribuem para o evento pode ajudar a resolver os riscos identificados;

Áreas nas quais padrões de risco identificados poderiam ser resolvidos através do desenvolvimento ou adaptação de códigos, normas, diretrizes, procedimentos, etc.;

Interações de Casos Especiais, que requerem melhor definição e que não podem ser resolvidas dentro do orçamento e/ou do cronograma da presente avaliação;

Outras questões consideradas apropriadas pela equipe.

3.1.4. Passo 4: Medidas de Adaptação

Após identificar as infraestruturas sob maior risco climático, deve-se levantar e priorizar medidas de adaptação tendo em vista que os recursos disponíveis podem ser limitados. De maneira geral, todas as informações construídas nas etapas anteriores serão capazes de promover uma visão sistêmica da direção dos impactos da mudança do clima e apoiar, juntamente com outros elementos, as decisões de gestão estratégicas.

O processo de levantamento de possíveis medidas passíveis de serem implementadas no porto deve ser realizado com os técnicos portuários dos terminais, com a Autoridade Portuária, com a praticagem e com outros atores-chave para combinar diferentes conhecimentos, experiências e habilidades profissionais.

As medidas de adaptação devem ser detalhadas em função de uma série de parâmetros, como:

1. Infraestrutura;
2. Ameaça climática;
3. Nível de Risco;
4. Viabilidade técnica da medida de adaptação;
5. Responsáveis pela condução da medida de adaptação;
6. Prazos de execução;
7. Benefícios da adaptação sugerida;
8. Complexidade;
9. Urgência;
10. Responsáveis pela execução da ação;
11. Outros atores-chaves potencialmente envolvidos;
12. Custos preliminares; e
13. Caráter da medida (estrutural, gerencial, etc).

Além de medidas estruturais e não estruturais, deve-se buscar classificar ou apontar medidas consideradas como “de não arrependimento”. Elas referem-se a decisões que têm benefícios líquidos sobre toda a gama de climas futuros previstos e impactos associados (CALLAWAY E HELLMUTH, 2007; HELTBERG et al., 2009), tais como sistemas de previsão e alerta, uso de informações climáticas ou intervenções para garantir informações atualizadas para projetos de engenharia.

3.1.5. Passo 5: Conclusões e Recomendações

Os resultados dos passos anteriores são utilizados para prover recomendações para gestão dos riscos que geralmente podem ser definidas em cinco categorias principais:

1. Não é necessária nenhuma ação adicional;
2. Ações corretivas necessárias para mitigar riscos de performance na infraestrutura, tipicamente melhorias e soluções de engenharia;
3. Ações administrativas requeridas para ajustar mudanças na performance da in-

- fraestrutura, por exemplo, modificar procedimentos de operações e manutenção devido a variações nos padrões de precipitação no inverno;
4. Monitoramento das atividades, por exemplo, a performance da infraestrutura ou análise de dados climáticos para validar projeções;
 5. Trabalho adicional requerido para preencher lacunas de disponibilidade e qualidade de dados.

3.2. Levantamento do Histórico de Impactos associados ao Clima

3.2.1. Objetivos específicos

Esta etapa teve por objetivo principal realizar um levantamento sobre os impactos do clima sobre as estruturas do Porto Organizado de Santos (SP), avaliando a interligação entre variáveis climáticas e possíveis impactos dentro do complexo portuário. Para esta etapa do projeto eram esperados os seguintes produtos:

1. Histórico de danos e prejuízos associados a fatores climáticos (ocorrências, infraestrutura, causas e datas);
2. Lista de variáveis climáticas;
3. Lista de infraestruturas e superestruturas de interesse; e
4. Cadeia de impacto para cada tipo de impacto.

As perguntas norteadoras que embasaram essa etapa são:

1. “Quais são os impactos (danos e prejuízos) que cada porto tem sofrido devido aos eventos climáticos?”;
2. “Quando ocorreram estes impactos?”;
3. “Quais foram as variáveis hidrometeorológicas e/ou oceanográficas que causaram o impacto?”;
4. “Quais são as infraestruturas e superestruturas de interesse?”;
5. “Quais são as variáveis climáticas que afetam cada elemento da infraestrutura e da superestrutura?”;
6. “Qual é a relação de causa-efeito entre as ameaças climáticas e seus possíveis impactos?”.

3.2.2. Caracterização do Porto

A caracterização do Porto levou em consideração a análise dos principais documentos de planejamento e gestão do porto, como o Plano de Desenvolvimento de Zoneamento (PDZ). Além disso, também foram verificadas algumas informações complementares no site da autoridade portuária.

O processo de aplicação da metodologia PIEVC, realizado pelas equipes da ANTAQ, GIZ e I Care, em parceria com a equipe do Porto, foi estruturado a partir de uma visita técnica realizada entre os dias 16 e 17 de setembro de 2021 e através de diversas oficinas e reuniões ao longo de

2021 e 2022 com Autoridade Portuária e representantes dos terminais (Figura 5. Participaram desta parceria também a equipe de meteorologistas do INPE.

Figura 5: Reunião realizada ao longo do projeto



Fonte: Autoria própria.

Para o inventário de infraestruturas, foram consultados e analisados documentos oficiais do zoneamento portuário, como o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ) do Porto de Santos (PORTO DE SANTOS, 2020) e o Plano Mestre do Complexo Portuário de Santos (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2019). Também foram realizadas observações na visita técnica e questionamentos aos agentes da Autoridade Portuária para obtenção e confirmação das informações. Dentre as infraestruturas avaliadas estão: Canal Externo, Canal Interno, Bacia de Evolução, Sinalização Náutica, Berços, Edificações, Infraestrutura de Armazenamento, Equipamentos de Içamento, Empilhadeiras, Transportador Contínuo e Acesso Viário.

3.2.3. Histórico de impactos associados ao clima

O histórico de impactos associados ao clima foi feito a partir do levantamento, realizado pela Autoridade Portuária, das paralisações ocorridas entre o ano de 2015 e 2020 no Porto de Santos. Adicionalmente, foi realizada uma reunião com Autoridade Portuária e a praticagem do Porto, com o objetivo de obter, através de relatos, novas informações sobre danos de ordem operacional e estrutural.

Também foi feita uma pesquisa de publicações em portais de notícias com o intuito de obter

mais informações sobre eventuais impactos associados a ameaças climáticas no Porto. Uma vez realizada, essa análise por clipping (recorte de notícias) serviu para compor as cadeias de impacto do levantamento do histórico de impactos associados ao clima e para identificar indicadores climáticos do levantamento da probabilidade das ameaças climáticas.

As ameaças climáticas prioritárias para o Porto de Santos foram definidas a partir de entrevistas com técnicos da Autoridade Portuária, do histórico de impactos associados ao clima para o Porto, e do cruzamento de dados de paralisação da operação (que cobrem o período de meados de 2015 a meados de 2021) com dados históricos de eventos climáticos. As principais ameaças destacadas para o Porto de Santos foram: vendavais, neblina, enchentes e inundação fluvial, ressaca, aumento do nível do mar e ondas de calor.

Durante entrevistas realizadas com técnicos portuários, foram relatadas interrupções da navegação no canal de acesso devido a condições extremas de vento, interrupção do carregamento de granéis sólidos por chuvas persistentes, operação de containers paralisada em eventos de baixa visibilidade causada por neblina e redução do calado de navegação por assoreamento gerado por ressacas e chuvas torrenciais.

Não foram relatados grandes eventos causadores de danos. Há indícios de apenas de alguns eventos importantes nos últimos anos:

1. Vento forte associado a potencial erro humano que provocou a soltura do estaiamento de um navio, que ficou à deriva e “puxou” um guindaste com operador dentro;
2. Destelhamento de galpões de armazenamento devido à vento forte;
3. Vento forte que provocou giro das câmeras de segurança no terminal da BRASKEM.

Adicionalmente, para definição dos limiares climáticos, foram utilizadas informações da literatura e de normas e legislações pertinentes aos portos.

3.2.4. Identificação da relação entre ameaças climáticas e impactos observados

Em razão da falta de registro das causas de paralisações e com o intuito de se identificar as ameaças climáticas associadas aos eventos de paralisação, foi realizada uma análise estatística comparativa de correlação por meio do Teste de Spearman. O uso do teste está bem sustentado na literatura da área, sendo utilizado em substituição ao coeficiente de correlação de Pearson (r) nos casos em que a binormalidade dos dados não ocorre e ainda em situações envolvendo poucos pares de dados. Esse teste de correlação é um método não paramétrico que mensura o nível de intensidade correlativa entre variáveis pelo intervalo de valores de -1 a 1, quanto mais próximo de um dos extremos está o valor, maior é a possibilidade de se inferir a força de associabilidade entre variáveis (SIEGEL, 1975). É importante ressaltar que a correlação não necessariamente implica em causalidade. Esse fator apenas pode ser totalmente elucidado a partir da definição de limiares, que serão apresentados posteriormente.

Para isso, portanto, foi feita uma análise de correlação entre as variáveis de “Nebulosidade

– nuvens baixas”, “Velocidade do vento a 10m de altura” e “Precipitação” para o ano de 2020. A escolha deste ano se deu em razão de ser o período com maior completude e robustez de dados dentro da série histórica disponível. As variáveis foram definidas em função das informações das cadeias de impacto e das trocas com atores-chaves do porto, além da disponibilidade de informação.

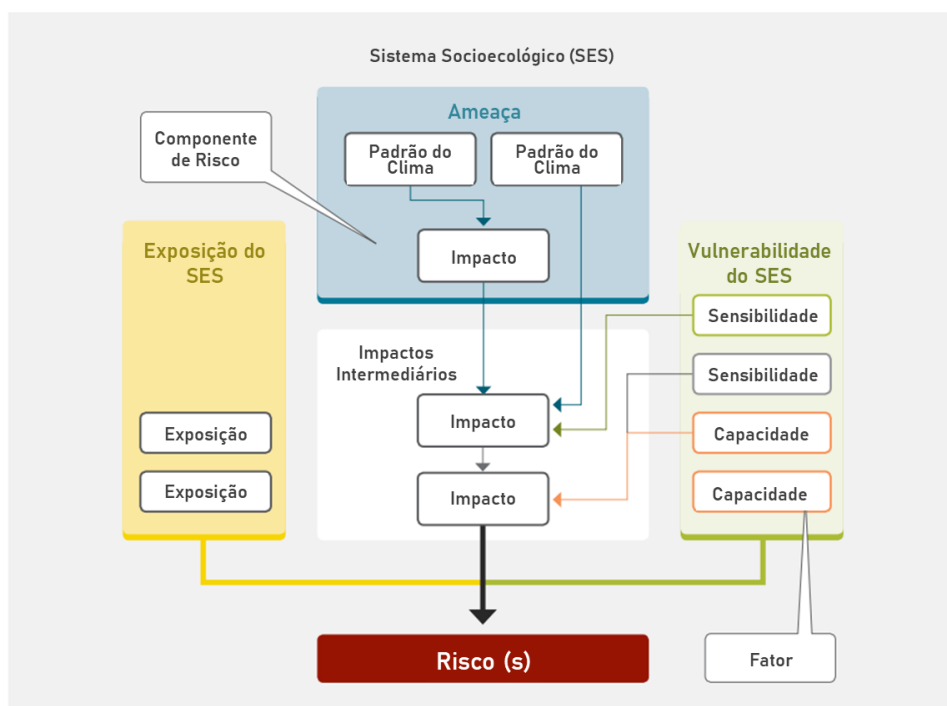
3.2.5. Cadeias de Impacto

Considerando as características das infraestruturas e superestruturas do Porto de Santos e conhecendo as ameaças prioritárias identificadas pelos técnicos da Autoridade Portuária, construiu-se uma série de cadeias de impacto que apoiam a identificação dos impactos climáticos e dos fatores de exposição e vulnerabilidade.

Uma cadeia de impacto, ou cadeia de causa-efeito, é uma ferramenta analítica que ajuda a entender melhor, sistematizar e priorizar os fatores que impulsionam o risco em um sistema (GIZ EURAC & UNU-EHS, 2018). As cadeias de impacto sempre têm uma estrutura semelhante: um sinal climático (por exemplo, uma forte chuva) pode levar a um impacto físico direto, causando uma sequência de impactos intermediários, que, devido à vulnerabilidade dos elementos expostos, levam a um risco (ou riscos múltiplos). São geralmente compostas por componentes de risco (ameaça, exposição, vulnerabilidade) e fatores subjacentes para cada um deles, assim como exemplificado pela Figura 6.

A estrutura da cadeia de impacto foi desenvolvida de acordo com a abordagem do Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do IPCC, que é baseada na compreensão do risco e seus componentes.

Figura 6: Elementos da estrutura de uma cadeia de impacto



Fonte: GIZ, EURAC & UNU-EHS, 2018

A construção das cadeias de impacto dos portos foi dividida por tipo de ameaça e foram considerados os impactos operacionais e de infraestrutura de acordo com a literatura. Os riscos avaliados foram estabelecidos após consulta com os representantes dos portos, durante visita técnica realizada entre os dias 16 e 17 de setembro de 2021. Os impactos intermediários, vulnerabilidade e elementos de exposição foram definidos com os apontamentos da visita e com elementos encontrados na literatura, considerando as características biofísicas e operacionais dos portos.

As cadeias de impacto auxiliam na identificação e priorização de ameaças climáticas relevantes, infraestruturas e aspectos operacionais expostos às ameaças e aspectos de sensibilidade e capacidade adaptativa que ajudam a reduzir o risco.

3.2.6. Identificação da relação entre infraestruturas e ameaças climáticas

Com base nas trocas realizadas com os atores-chaves do Porto de Santos durante a visita técnica, nos elementos destacados nas cadeias de impacto e na identificação e priorização das ameaças climáticas, construiu-se uma tabela de relação entre as infraestruturas de interesse e impactos associados ao clima.

Em seguida, disponibilizou-se ao Porto um conjunto de tabelas contendo uma lista de relação de danos e ameaças climáticas. Na ocasião, o Porto definiu danos adicionais, validou os dados pré-dispostos pela tabela e contribuiu com comentários para incrementar novas informações ao estudo.

3.3. Levantamento da Probabilidade das Ameaças Climáticas

3.3.1. Objetivos específicos

Esta etapa tem por objetivo realizar um levantamento da probabilidade de ocorrência e os limiares de ameaças climáticas que acometem o Porto Organizado de Santos (SP).

Define-se como limiares as estimativas de cada variável climática que, uma vez ultrapassadas, poderão causar danos e/ou prejuízos às atividades portuárias e suas infraestruturas. Nessa parte, é importante ressaltar que os dados são extremamente significativos para o estudo, uma vez que ajudam na determinação da probabilidade de danos por eventos. Para esta etapa são esperados:

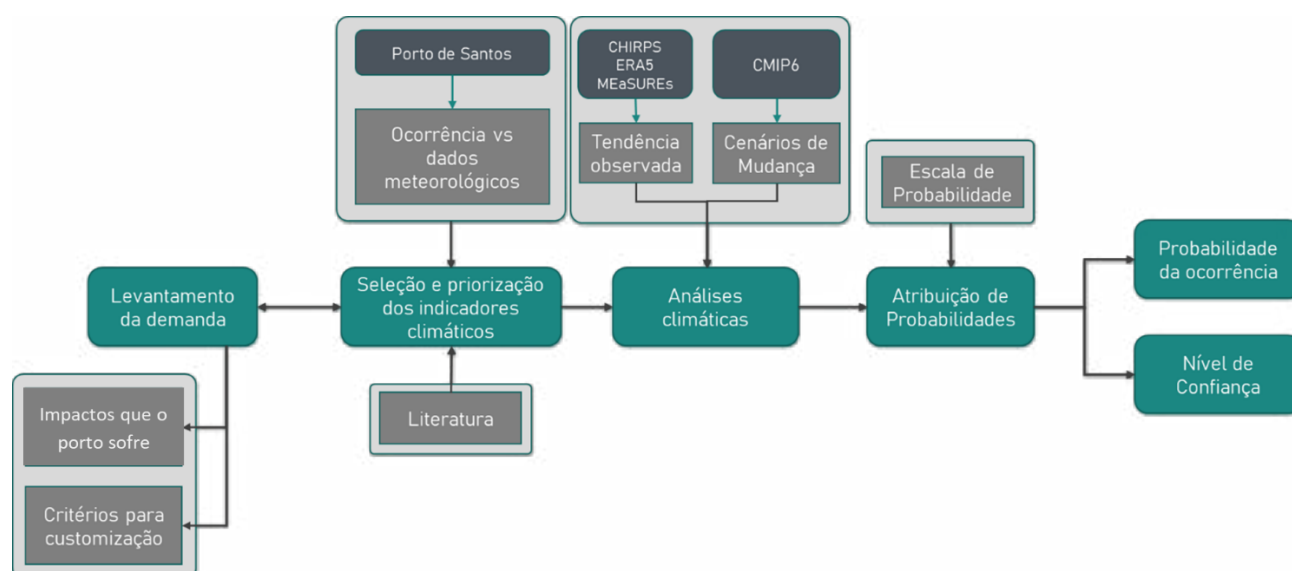
1. Lista de ameaças climáticas (variáveis e limiares);
2. Escala de probabilidade ;
3. Pontuações de probabilidade atual;
4. Pontuações de probabilidade futura; e
5. Descrição e definição do nível de confiança das informações climáticas.

As perguntas norteadoras que embasaram o estudo desta etapa são apresentadas a seguir:

1. “Com base nos dados observacionais, a frequência das ameaças climáticas está aumentando/diminuindo?”;
2. “Com base nos modelos de clima e indicadores customizados, a frequência das ameaças climáticas irá aumentar/diminuir no futuro?”;
3. “Qual é o nível de concordância (%) entre as projeções dos modelos de clima quanto ao sinal de mudança?”; e
4. “Os cenários de mudança do clima futuro corroboram com a tendência observada no clima atual?”.

O fluxo de atividades dessa etapa é ilustrado através da Figura 7.

Figura 7: Fluxograma dos passos adotados na etapa de levantamento da probabilidade das ameaças climáticas



3.3.2. Demanda por informações climáticas

3.3.2.1. Impactos que o porto sofre

Os impactos estruturais e operacionais que o porto sofre foram relatados na Seção 3.2.3. Em relação aos impactos estruturais, não foram identificados relatórios ou registros de ocorrência e causa. Por outro lado, algumas informações sobre impactos climáticos na operação foram enviadas pelo porto. Os dados de paralisações cobrem o período do segundo semestre de 2019 e o primeiro semestre de 2021. No entanto, as informações obtidas não informam as intempéries climáticas que causaram cada paralisação e, por isso, foi necessário avaliar, através de uma análise de correlação, quais as ameaças climáticas poderiam estar envolvidas. Na etapa de levantamento do histórico de impactos, essas informações ajudaram a responder quais são os impactos que o porto tem sofrido devido aos eventos climáticos.

Em Santos foram relatadas paralisações moderadas, em função do porto estar em uma po-

sição privilegiada que o protege de condições adversas. No entanto, foi relatado que ventos fortes causam, de forma rara, a interrupção da navegação do canal de acesso. De forma mais comum, as chuvas paralisam o embarque e desembarque de granéis sólidos.

Essas informações apoiaram a identificação dos indicadores climáticos e a resposta das perguntas norteadoras desse produto.

3.3.2.2. Critérios para customização das informações climáticas

A fim de responder as perguntas norteadoras, foram estabelecidos critérios para customização das informações climáticas a partir dos princípios do Guidebook on Climate Scenarios (CHAR- RON, 2016). Esses princípios são abordados em seis perguntas norteadoras, sendo elas:

1. Qual o propósito da informação climática?
2. Quantos dados o usuário é capaz de processar?
3. Quais são as variáveis climáticas de interesse?
4. Qual é a resolução temporal e espacial requisitada?
5. Sobre quais escalas temporais e espaciais a informação deve ser obtida?
6. Quais são as estatísticas climáticas de interesse?

Os princípios ajudaram no cálculo dos cenários de mudança do clima, na definição da escala de probabilidade e, conseqüentemente, na resposta das perguntas norteadoras desse produto.

Os critérios considerados para a customização das informações climáticas são: escala espacial, escala temporal, período de referência, horizonte temporal, cenários de emissões, e nível de concordância entre os modelos. As especificações e justificativas encontram-se resumidas na Tabela 1.

Tabela 1: Resumo das informações utilizadas para definir os critérios da customização climática

Critério	Escolha	Justificativa
Escala espacial	Local Coordenadas: 23°58'56.02" S 46°17'33.38" O	Refere-se à área do Porto de Santos.
Escala temporal	Anual	As atividades portuárias, em geral, não são influenciadas por alterações sazonais.
Período de referência	1981-2000	Se baseia nos marcos temporais da legislação de modernização dos portos, neste caso, o período subsequente à Lei dos Portos (BRASIL, 1993) ¹ .

Horizonte temporal	Curto Prazo: 2021-2040 Médio Prazo: 2041-2060 Longo Prazo: 2081-2100	Horizonte acordado com o Porto de Santos, onde levou-se em consideração o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ) e o Plano Mestre do porto.
Cenários de emissões de gases do efeito estufa	SSP2-4.5: Meio do caminho. Cenário intermediário de emissões de GEE. O desenvolvimento e o crescimento da renda prosseguem de forma desigual, com alguns países fazendo progressos relativamente bons, enquanto outros ficam aquém das expectativas. Emissões de GEE em torno dos níveis atuais até 2050, depois cair, mas não atingindo zero líquido em 2100. O cenário SSP2-4.5 é semelhante ao cenário RCP 4.5 do CMIP5 (O'NEILL et al., 2014); SSP5-8.5: Desenvolvimento baseado em combustíveis Fósseis. Cenário de alta emissão de GEE, sem política climática adicional, com a temperatura no fim do século entre 3,3 e 5,7°C. Semelhante ao cenário RCP 8.5 do CMIP5. Considera um desenvolvimento baseado em combustíveis fósseis (O'NEILL et al., 2014).	O cenário SSP2-4.5 do <i>Coupled Model Intercomparison Project Phase 6</i> (CMIP6) é o cenário mais provável tendo em vista as atuais políticas globais de redução de emissões, e o cenário SSP5-8.5 é o mais pessimista (SCHWALM et al., 2020). Esses cenários estão em linha com os trabalhos e escolhas do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – PNA (MMA, 2016), dada a correspondência dos modelos do CMIP6 com os modelos do CMIP5.
Nível de concordância entre os modelos	66,7% ou 2/3 dos modelos	Decisão metodológica dos especialistas em clima baseados em relatórios do IPCC que utilizam 2/3 dos modelos para determinar o nível de confiança.

Fonte: Elaboração própria.

3.3.3. Critérios para a seleção e priorização dos indicadores de ameaça climática

A seleção e priorização dos indicadores de ameaça climática foram feitas com base em duas fontes: a literatura e a análise de ocorrência de impacto vs. dados meteorológicos.

3.3.3.1. Literatura

O primeiro passo para a definição dos indicadores climáticos foi a revisão bibliográfica acerca dos indicadores climáticos que possuem relação as ameaças climáticas avaliadas na etapa de levantamento do histórico de impactos. Foram avaliados indicadores que possuíam relação com ventos, chuva, temperatura, nível do mar, ressacas e nebulosidade.

Adicionalmente, foram avaliadas uma série de normas e legislações pertinentes aos portos, e que ajudam a definir os limiares climáticos para segurança operacional e estrutural de alguns equipamentos.

3.3.3.2. Ocorrência de impactos vs. dados meteorológicos

Ainda com o objetivo de definir os indicadores climáticos a serem utilizados na avaliação da probabilidade, foi utilizada a análise das ocorrências de impactos associadas a eventos climáticos listados na Seção 3.2. Portanto, as informações do cruzamento dos dados de paralisações com os dados climáticos observados também foram levadas em consideração. Os dados de paralisações foram obtidos através da série histórica fornecida pelo Porto de Santos e os dados do clima foram obtidos através das estações hidrometeorológicas próximas à região portuária. Os detalhes dessa avaliação encontram-se na Seção 3.2. Adicionalmente, com base nesse cruzamento de informações, foi realizada uma análise de causalidade de Granger (GRANGER, 1969), que apoiou a sugestão dos indicadores. O Apêndice B descreve com mais detalhes os resultados do teste de causalidade.

3.3.3.3. Indicadores de ameaça climática selecionados

Primeiramente, verificou-se na literatura os impactos e os limiares críticos que culminavam na ocorrência danos às operações e estruturas. Em seguida, por meio de uma análise conjunta com os técnicos da GIZ, os indicadores climáticos foram definidos com base na premissa de que os resultados pudessem traduzir a probabilidade de eventos no Porto de Santos. Essa construção se deu a partir de um viés conservador, considerando a sensibilidade dos modelos aplicados. Os indicadores selecionados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Indicadores climáticos relevantes no Porto de Santos

IMPACTOS	AMEAÇA	INDICADORES SUGERIDOS	REFERÊNCIA
Paralisações devido aos ventos fracos	> 6 nós (31,5 km/h)	Nº de dias no ano com Intensidade do vento > 3,0 m/s (5,8 nós)	Elementos encontrados nos APÊNDICE A e B, sendo que a decisão foi baseada na disponibilidade limitada de dados e na aderência ao método PIEVC
Paralisações devido aos ventos moderados	> 30 nós (55,6 km/h)	Nº de dias no ano com Intensidade do vento > 7,0 m/s (13,6 nós)	
Danos estruturais devido aos ventos fortes	> 37,8 (70,0 km/h)	Nº de dias no ano com Intensidade do vento > 10,0 m/s (19,4 nós)	
Paralisações devido às chuvas intensas	15 mm	15 mm	Elementos encontrados nos APÊNDICE A e B
Paralisações devido às chuvas persistentes	N/A	Nº de dias no ano com intensidade de precipitação > 1 mm	Marengo et al, 2021
Inundações costeiras	0,2 m	Ressacas anuais que ultrapassam 0,2 m	Decisão baseada na disponibilidade limitada de dados e na aderência ao método PIEVC

Fonte: Elaboração Própria.

É importante ressaltar que, devido a resolução espacial dos dados, os indicadores utilizados podem não representar exatamente os valores observados na escala local e por isso precisam ser interpretados com cautela. Isso se dá pelo fato de os dados de clima estarem em uma resolução espacial grosseira (p.ex., 50x50 km), o que acaba suavizando valores extremos, como aqueles observados na escala local. Ainda, os limiares definidos aqui consideram toda a zona portuária, não distinguindo os espaços quanto ao perfil de carga ou posição geográfica devido à ausência de dados que poderiam subsidiar as análises pertinentes. Isto é, ultrapassar os limiares climáticos pode representar a possibilidade de ocorrência de danos estruturais ou operacionais em qualquer ponto do porto.

3.3.4. Base de dados

3.3.4.1. Dados observacionais de clima

O processamento dos dados observacionais para os indicadores selecionados foi realizado por um consultor externo contratado pela GIZ.

Para os indicadores ligados à precipitação, foram utilizados dados de precipitação diária do Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS, FUNK et al. 2015), com resolução espacial 0,05° para o período de 1981 - 2020. Para o vento (10 m U-component of wind e 10 m V-component of wind) foram utilizados dados de reanálise do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Reanalysis version 5 (HERSBACH et al. 2020) na resolução espacial de 0,5 graus para 1981 - 2020. Para o aumento do nível do mar (ANM), utilizou dados da plataforma Making Earth System Data Records for Use in Research Environments (MEaSUREs, NASA 2022a) apenas disponibiliza dados do período de 1992 a 2019.

3.3.4.2. Projeções climáticas

Para as projeções climáticas, os dados de chuva e vento obtidos encontram-se em uma escala diária nos modelos do CMIP6. Sua resolução espacial foi de 1 grau e foi realizado um processamento para uma rodada histórica e para os cenários SSP2 e SSP5 (O'NEILL et al., 2014). Em relação ao aumento do nível do mar (ANM), utilizou-se a ferramenta "Sea Projection Level Tool" da NASA (2022b) para se obter os dados de ressacas do futuro. Por fim, o mapa de área inundada que projeta o aumento do nível do mar em adição às ressacas com tempo de retorno (TR) de 1 ano foi obtido através da plataforma "Coastal Risk Screening Tool" do Climate Central (2022).

Os modelos de clima usados foram do CMIP6 e são listados na Tabela 3.

Tabela 3: Modelos utilizados na análise

SSP 2		SSP 5	
VENTO	CHUVA	VENTO	CHUVA
EC-Earth3-Veg	ACCESS-CM2	ACCESS-CM2	CanESM5
GFDL-CM4	ACCESS-ESM1-5	ACCESS-ESM1-5	EC-Earth3-Veg
INM-CM4-8	CanESM5	EC-Earth3-CC	EC-Earth3-Veg-LR
INM-CM5-0	EC-Earth3-Veg	EC-Earth3-Veg	IPSL-CM6A-LR
IPSL-CM6A-LR	EC-Earth3-Veg-LR	EC-Earth3-Veg-LR	KACE-1-0-G
MIROC6	GFDL-ESM4	GFDL-CM4	KIOST-ESM
MPI-ESM1-2-HR	IPSL-CM6A-LR	GFDL-ESM4	MIROC6
MPI-ESM1-2-LR	MIROC6	KIOST-ESM	MPI-ESM1-2-HR
-	MPI-ESM1-2-HR	MIROC6	MPI-ESM1-2-LR
-	MPI-ESM1-2-LR	MRI-ESM2-0	MRI-ESM2-0
-	MRI-ESM2-0	NESM3	NESM3
-	NESM3	-	-

Fonte: Elaboração própria.

3.3.5. Análises climáticas

3.3.5.1. Climatologia observada

Para o cálculo da climatologia observada, utilizou-se o período de 1981-2000 conforme os marcos temporais da legislação de modernização dos portos descrito da Tabela 1. O cálculo da climatologia observada em geral é realizado com 30 anos de dados (WMO, 2011), no entanto, o uso de 20 anos é aceitável quando a intenção é estimar cenários de mudanças do clima (KIRTMAN et al., 2013). Os dados utilizados foram os dados de reanálise do CHIRPS e do ERA5. A climatologia observada foi calculada na escala anual, pois os impactos no porto não têm relação direta com a sazonalidade. Essas informações serviram para determinar a linha de base na classificação de probabilidade.

3.3.5.2. Tendências observadas

O cálculo de tendência foi feito para o período de 1981 a 2020 utilizando o teste de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL & GIBBONS, 1990) considerando um nível de significância igual ou menor que 0,05 (95% de confiabilidade). Esse é um teste não paramétrico robusto para tendências monotônicas, analisando as mudanças dos sinais de incrementos de tendência entre valores sucessivos ao invés dos próprios valores dos dados (WILKS, 2011). O método pode ser aplicado quando as séries temporais não precisam estar em conformidade com nenhuma

distribuição particular (MAIDMENT, 1993; WILKS, 2011) e é comumente usado em estudos da Equipe de Especialistas em Detecção da Mudança Climática e Índices (ETCCDI, ZHANG et al., 2009). O processamento dos dados foi efetuado por um consultor externo contratado pela GIZ.

Esse método avalia se o aumento ou a redução na frequência dos indicadores climáticos escolhidos é significativa ou não, do ponto de vista estatístico. É somente a partir dele que se pode determinar se a frequência das ameaças climáticas está aumentando ou diminuindo de fato, pois utilizar apenas uma linha de tendência não garante respostas adequadas.

Esta seção deverá responder às seguintes perguntas norteadoras:

- “Com base nos dados observacionais, a frequência das ameaças climáticas está aumentando/diminuindo?” e
- “Os cenários de mudança do clima futuro corroboram com a tendência observada no clima atual?”.

3.3.5.3. Cenários de mudança do clima

Para o cálculo dos cenários de mudança do clima utilizou-se o método Change-Factor (ANANDHI et al. 2011). O método consiste em somar a climatologia observada com a anomalia futura, ou seja, a diferença entre a rodada de um determinado cenário de emissões (p.ex. SSP2-4.5) e a rodada histórica do modelo. As equações 1 e 2 descrevem o cálculo:

$$\Delta = \text{SSP} - \text{HIST} \text{ (Equação 1)}$$

$$\text{Cenário} = \text{OBS} + \Delta \text{ (Equação 2)}$$

Em que SSP é a climatologia da variável de interesse derivada da rodada futura de um determinado modelo de clima e HIST é climatologia da variável de interesse derivada da rodada histórica do mesmo modelo. A abreviação OBS é a climatologia da variável de interesse usando dados observacionais. Os cálculos de climatologia foram feitos na escala anual usando os períodos 1981-2000 (HIST) e 2021 - 2040, 2041 - 2060 e 2081 - 2100 (SSPs). O processamento dos dados foi efetuado por um consultor externo contratado pela GIZ.

Esta seção deverá responder às seguintes perguntas norteadoras:

- “Com base nos modelos de clima e indicadores customizado, a frequência das ameaças climáticas irá aumentar/diminuir no futuro?”;
- “Qual é o nível de concordância (%) entre as projeções dos modelos de clima quanto ao sinal de mudança?”; e
- “Os cenários de mudança do clima futuro corroboram com a tendência observada no clima atual?”.

3.3.6 Abordagem geral para atribuir as probabilidades das ameaças climáticas

3.3.6.1. Escala de probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas

A escala de probabilidade é o principal referencial para a classificação da probabilidade. Neste produto, ela foi construída a partir de intervalos de frequências, mas ela pode ser determinada de inúmeras formas. O Protocolo PIEVC (ENGINEERS CANADA, 2016) utiliza uma padronização de 0 a 7, sendo que 0 significa que o evento climático jamais ocorrerá e 7 significa que o evento é certo. Para este produto, o nível máximo foi definido como 5, conforme é apresentado na Tabela 6. Essa definição foi feita para combinar o trabalho com o estudo “Levantamento de Risco Climático para o Porto de Itajaí/SC” (AUTORIDADE PORTUÁRIA DE ITAJAÍ, 2020). Os cinco níveis definidos são: 1 (Quase nunca); 2 (Raramente); 3 (Ocasionalmente); 4 (Frequentemente); 5 (Muito frequentemente). Para definir os intervalos de frequência de eventos foram feitos diversos testes (p.ex., sensibilidade) com diferentes distribuições (linear, logarítmica, exponencial e arbitrária). Após parecer profissional de especialistas em clima, optou-se por usar a distribuição exponencial. O Protocolo PIEVC (ENGINEERS CANADA, 2016) indica que o parecer profissional é um elemento essencial da atribuição de pontuações de probabilidade de mudança do clima.

A escolha verificada na Tabela 4 foi feita, portanto, com base na observação da distribuição dos eventos no porto e nas alterações que foram observadas pelos profissionais.

Tabela 4: Escala de Probabilidade para a linha de base do Porto de Santos

Nível	Descrição	Frequência (Nº de Eventos/Ano)	
1	Quase nunca	<1	
2	Raramente	1	4
3	Ocasionalmente	4	19
4	Frequentemente	19	84
5	Muito Frequentemente	84	365

Fonte: Elaboração própria

Posteriormente, com a escala de probabilidade consolidada, a classificação de cada indicador climático escolhido pôde ser realizada. O primeiro passo foi realizar a classificação da probabilidade dos dados observacionais, que constituem a linha de base ou baseline, ou seja, o ponto de partida da avaliação.

Em seguida, essa mesma classificação foi realizada para as projeções climáticas. Para isso, as anomalias na frequência dos indicadores climáticos foram somadas ao valor da linha de base. Essas anomalias estão descritas para 3 períodos de tempo (2021 – 2040, 2041 – 2060 e 2081 – 2100), cada um com 2 cenários (SSP2 e SSP5).

Para inundações costeiras, utilizou-se como base os dados de ‘nível de inundação anual’ disponíveis na plataforma “Coastal Risk Screening Tool” do Climate Central (2022). Os dados são baseados em uma frequência fixa, ou seja, 1 vez por ano ocorre um determinado nível de

inundação. Dessa forma, determinou-se um nível de inundação crítico, no caso 0,2 m. Assim, valores de nível de inundação abaixo de 0,2m significa que o evento “quase nunca” acontece. E valores de nível de inundação acima de 0,2m, significa que a inundação ocorre pelo menos 1 vez ao ano, ou seja, “raramente” (Tabela 4).

3.3.6.2. Nível de confiança das informações climáticas

Apesar de não constar nas recomendações do Protocolo PIEVC, o nível de confiança foi incluído nesse estudo em função dos trabalhos realizados no “Levantamento de Risco Climático para o Porto de Itajaí/SC” (AUTORIDADE PORTUÁRIA DE ITAJAÍ, 2020). O objetivo da avaliação do nível de confiança é determinar como os resultados devem ser interpretados pelo porto à luz das incertezas embutidas nos resultados das projeções climáticas.

Importante mencionar que os modelos de clima, assim como qualquer outro modelo, possuem incertezas. De qualquer maneira, para medir o nível de confiança das informações climáticas foram definidos alguns critérios, apontados na Tabela 5. Ressalta-se que a avaliação não se baseia exclusivamente nos resultados da concordância entre os modelos, mas também na consistência do sinal de mudança com a literatura e as tendências observadas.

A cada resposta positiva, soma-se um ponto no nível de confiança, assim os níveis são definidos entre 0 e 3, sendo: (0) Confiança muito baixa; (1) Confiança baixa (2) Confiança moderada; (3) Confiança alta. Mesmo quando a confiança é muito baixa, os resultados podem ser interpretados e utilizados, com atenção à eventual necessidade de estudos adicionais.

Tabela 5: Tabela resumo do nível de concordância

Critério	Avaliação	Pontuação
Concordância entre os modelos	Existe uma concordância de pelo menos 2/3 dos modelos utilizados em relação aos cenários projetados?	Sim (1) Não (0)
Tendência observada	Há concordância entre o sinal de mudança do cenário futuro projetado pelos modelos e o sinal da tendência observada?	Sim (1) Não (0)

Fonte: Elaboração própria.

3.4. Levantamento das Infraestruturas Portuárias e Severidade

3.4.1. Objetivos Específicos

Esta etapa tem por objetivo principal levantar o nível de severidade de ameaças climáticas em infraestruturas e na operação do Porto Organizado de Santos (SP). São esperados nesta parte do projeto os seguintes produtos específicos:

- Lista dos principais equipamentos do porto;
- Interação dos equipamentos com as ameaças climáticas;
- Classificação de severidade de cada ameaça climática para cada infraestrutura e para diferentes tipos de carga operadas.

As perguntas norteadoras que embasam o levantamento das infraestruturas portuárias e severidade são:

- “Quais são os possíveis níveis de severidade (estrutural e operacional) que as infraestruturas podem sofrer?”
- “Existe interação entre a infraestrutura X e a ameaça climática Y?”
- “Caso positivo, qual é o nível de severidade?”.

3.4.2. Inventário de infraestruturas

A elaboração desta etapa consistiu na consulta e análise de documentos oficiais do zoneamento portuário. Também foram realizadas observações em visita técnica realizada ao porto e questionamentos aos agentes da Autoridade Portuária para obtenção e confirmação das informações.

Para a identificação das infraestruturas foram realizadas a consulta aos respectivos planos:

- Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ) do Porto de Santos: com amparo legal na Lei nº 12.815 de 5 de junho de 2013, o Plano representa referência em caráter normativo e regulador do Estado, quanto ao planejamento do espaço portuário público ao setor privado, sendo este um arrendatário, outorgado, ou um simples demandante de prestações de serviços de transporte marítimo de longo curso ou cabotagem. Constitui-se de um Plano Plurianual de competência de execução da Autoridade Portuária e julgamento de aprovação pela Secretaria de Portos da Presidência da República. No PDZ, constam as informações gerais de localização, delimitação, governança, zoneamento, instalações acessórias ao porto, componentes de apoio operacional ao tráfego aquaviário e terrestre, dados do licenciamento ambiental, vias de circulação, sistemas viários terrestres, sistemas aquaviários, a integração do porto ao planejamento urbano, planos de ação e investimentos. A versão do PDZ utilizado no presente trabalho é de julho de 2020.
- Plano Mestre do Complexo Portuário de Santos: Fruto de cooperação técnica para o planejamento do setor portuário nacional, o plano conta com uma sistematização metodo-

lógica para nivelar as informações de todos os portos públicos brasileiros, para auxiliar a tomada de decisão centralizada do Estado. Conforme o zoneamento e a especialização operacional do terminal portuário, o plano apresenta projeção da demanda de cargas e passageiros, infraestrutura e operações portuárias, acesso aquaviário, acessos terrestres, aspectos ambientais, análise da relação porto-cidade, gestão administrativa e financeira da Autoridade Portuária, análise estratégica e plano de ações e investimentos. A versão do Plano Mestre do Porto de Santos é de fevereiro de 2019. Esse estudo serve para complementar informações do PDZ anteriormente citado.

A constatação dos tipos de equipamentos, o estado de conservação, características operacionais e questionamento sobre eventos climáticos críticos a infraestrutura e operação apontada neste relatório foi obtida através de visita técnica ao Porto de Santos, realizada entre os dias 16 e 17 de setembro de 2021. A visita também serviu para identificação e criação de relacionamento laboral com agentes e pontos focais a Autoridade Portuária do Porto de Santos, para a obtenção de maiores informações e explanação de dúvidas.

Também foi realizada pesquisa na rede mundial de computadores com o intento de obtenção de catálogos dos equipamentos portuários, tais como, guindastes, gruas, reach stackers, portainers, guindastes pórticos, empilhadeiras e demais equipamentos, para verificação de possíveis informações de pesos, capacidades, geometria de equipamento e principalmente valores limites.

Assim como na etapa do levantamento da probabilidade das ameaças climáticas também se consultou de informações da base normativa e de regulamentação das NORMAN's 01, 04, 08 e 12/DCP, das Normas da Autoridade Portuária, das Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos da São Paulo (NPCP-SP), das Normas Regulamentadoras (NR) e das Normas Brasileiras da ANBT (NBR).

3.4.3. Interação com as ameaças climáticas

Parte das informações que sugerem a interação das infraestruturas portuárias com as ameaças climáticas foi detalhada na etapa de levantamento do histórico de impactos associados ao clima, com base nas trocas realizadas com os atores-chave do porto e com base em documentos oficiais.

Neste produto, os elementos de interação são retomados e a definição da existência ou não de interação entre cada elemento de infraestrutura e cada ameaça é sugerida pela equipe consultora. Importante destacar que a sugestão foi encaminhada aos técnicos do porto, que validaram esse elemento juntamente com a classificação da severidade.

Faz-se uma ressalva com relação às ameaças consideradas nesta etapa, assim como no levantamento da probabilidade das ameaças climáticas. O levantamento do histórico de impactos indicou que eventos de neblina são importantes ameaças à operação do porto, além disso a Autoridade Portuária indicou que as ressacas também seriam representativas. No entanto, essas ameaças não foram consideradas neste estudo em função de não haver variáveis confiáveis nos modelos climáticos, apresentados na etapa de levantamento da probabilidade das ameaças climáticas, que permitam a classificação de risco.

3.4.4. Escala de Severidade

A escala de severidade do presente produto foi construída em conjunto com a Autoridade Portuária e alguns dos terminais do porto. O processo se iniciou com a realização um Workshop de orientação e discussão sobre o tema no dia 20/01/2022. Após uma série de discussões, decidiu-se pelo envio de uma planilha de consulta para os atores-chaves do porto (representantes da Praticagem e terminais). Como a severidade varia conforme o tipo de carga movimentada e infraestrutura, foi acordado que os técnicos do porto iriam preencher uma planilha, conforme a Figura 8, para construir em conjunto uma escala mais fidedigna à realidade do porto.

Figura 8: Planilha utilizada para construção da escala de severidade

Nome	
Empresa	
Cargo	
Zona Portuária	
Carga Movimentada	

Nível de Severidade Estrutural		Descrição	
1	Leve		
2	Moderado		
3	Grave		
4	Severo		
5	Catastrófico		

Nível de Severidade Operacional		Descrição	
1	Leve		
2	Moderado		
3	Grave		
4	Severo		
5	Catastrófico		

Fonte: Elaboração própria.

Nessa planilha, o nível de severidade começa em “Leve” com a escala igual a 1 e varia até o último nível, definido como “Catastrófico” de Escala igual a 5. Essa escala é parte da Matriz de Risco, a ser descrita na Seção 3.5.

Os técnicos preencheram a descrição dos níveis de severidade de acordo com o tipo de carga movimentada, zona portuária e empresa em que trabalhavam. Para auxiliá-los nesse processo de estruturação das descrições, foram fornecidos exemplos de descrição com base na primeira escala proposta durante a Oficina de Trabalho.

Cada terminal tinha por objetivo construir sua própria escala, com base no tipo de carga que opera. Na sequência as respostas dos terminais foram consolidadas pela equipe consultora. Para condizer com a realidade do porto, a descrição de cada nível de severidade levou também em consideração uma base de informações obtidas em entrevistas e análises das normas NP-CP-SP, NR e NBR. O Apêndice C fornece mais detalhes sobre a análise das normas e legislações pertinentes.

Para compor e estruturar uma Escala de Severidade mais realista, as descrições de cada Nível de Severidade foram validadas pelos técnicos do porto apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Grupos de técnicos consultados para construção da Escala de Severidade

Grupos consultados	Nome
Terminais	BRACELL COPESUCAR BTP Transpetro
Gestão do Porto	CPSP ADM AGEO

Fonte: Elaboração própria.

3.4.5. Classificação de Severidade

A partir da escala de severidade construída em conjunto com os representantes do Porto de Santos, foi realizada a classificação da severidade para as mesmas variáveis climáticas da etapa anterior. Os valores da classificação foram sugeridos pela equipe consultora com base na expertise dos técnicos e em função das trocas feitas com o porto ao longo do trabalho. A classificação foi realizada com base em diferentes perfis de carga operada: graneis líquidos, graneis sólidos, produtos gasosos, contêineres e celulose.

Por fim, para validar as relações entre ameaças climáticas e infraestruturas sugeridas, a autoridade portuária e os terminais foram consultados.

3.5. Cálculo do Risco Climático

3.5.1. Objetivos Específicos

Esta etapa do projeto tem por objetivo principal realizar o cálculo do risco climático para o Porto de Santos, sendo esperado como produto: Tabela com o nível de risco climático das infraestruturas portuárias para o clima atual e futuro, e para aspectos operacionais e estruturais;

As perguntas norteadoras que embasam são:

- “Qual é o nível de risco climático de cada infraestrutura portuária?”;
- “A quantidade de infraestruturas sob risco alto irá aumentar ou diminuir no futuro?”;
- “Quais são as infraestruturas sob maior risco e por quê?”.

3.5.2. Matriz de Risco

A matriz de risco foi construída com base na estrutura de apresentação dos riscos do Relatório de Avaliação de Risco Climático do Porto de Belledune no Canadá (CBCL, 2020). Esse relatório segue os passos do Protocolo PIEVC, documento utilizado como referência na elaboração do levantamento da probabilidade das ameaças climáticas e levantamento das infraestruturas portuárias e severidade.

O risco é definido como o produto da multiplicação da probabilidade pela severidade. Como esses fatores assumem valores que vão de 1 a 5, o risco pode assumir valores que vão de 1 a 25.

Em seguida o risco foi classificado em três classes: “leve” (1 a 5), “médio” (6 a 14) e “alto” (15 a 25). Uma visão geral do formato dos resultados é apresentada a seguir na Tabela 7.

Tabela 7: Estrutura de apresentação do risco por interação ameaça climática – infraestrutura

INFRAESTRUTURA	RISCO							
	Nome da Ameaça Climática							
	Descrição da ameaça climática							
	Probabilidade	(1 a 5)	(1 a 5)	(1 a 5)	(1 a 5)	(1 a 5)	(1 a 5)	(1 a 5)
	Período	Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100	
			SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5
Nome da infraestrutura	Interação?	(Sim ou Não)						
	Severidade	(1 a 5)						
	Risco	(1 a 25)	(1 a 25)	(1 a 25)	(1 a 25)	(1 a 25)	(1 a 25)	(1 a 25)

Fonte: Elaboração própria, baseado no Relatório de Avaliação de Risco Climático de Belledune.

As escalas de probabilidade e severidade, definidas no levantamento da probabilidade das ameaças climáticas e levantamento das infraestruturas portuárias e severidade, respectivamente, seguem as seguintes regras (Tabela 8 a Tabela 14):

Tabela 8: Padronização de cores para a escala de probabilidade

Nível	Descrição da Probabilidade	Frequência (Nº de Eventos/Ano)	
1	Quase nunca	<1	
2	Raramente	1	4
3	Ocasionalmente	4	19
4	Frequentemente	19	83
5	Muito frequentemente	83	365

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 9: Escala de Severidade Estrutural para Granéis Sólidos, Líquidos e Gasosos

Nível de Severidade	ESCALA DE SEVERIDADE ESTRUTURAL	
	Granéis sólidos	Granéis Líquidos e Produtos Gasosos
1 Leve	Mais de 40% dos equipamentos de transferência entre recebimento terrestre (rodoviário, ferroviário, dutoviário) e armazéns apresentam paralisação inferior a 24 h.	Vistoria à rede dutoviária, filtros, registros, válvulas e piezômetros Vistoria a tanques de armazenagem Não há necessidade de intervenção de manutenção
2 Moderado	Mais de 40% dos equipamentos de transferência entre recebimento terrestre (rodoviário, ferroviário, dutoviário) e armazéns apresentam paralisação contínua superior a 24 h e inferior a 48h consecutivas; Empoçamento de água de modo esparsa com baixo nível e alto tempo de escoamento (túneis, balanças e elevadores).	Vistoria aponta necessidade de manutenção preventiva Necessita realizar limpeza de filtros Reaperto de flanges Lubrificação de válvulas Supressão de oxidação e limpeza de componentes do sistema dutoviário
3 Grave	Mais de 40% dos equipamentos de transferência entre recebimento terrestre (rodoviário, ferroviário, dutoviário) e armazéns apresentam paralisação contínua superior a 48 h e inferior a 72h consecutivas; Empoçamento de água em grande volume e alto tempo de escoamento (túneis, balanças e elevadores).	Erosão de encostas/taludes na Ilha Barnabé.
4 Severo	Mais de 40% dos equipamentos de transferência entre recebimento terrestre (rodoviário, ferroviário, dutoviário) e armazéns apresentam paralisação contínua superior a 72 h e inferior a 168h consecutivas; Ocorrência de incêndios provenientes de descargas elétricas de baixo potencial e controle efetivo dos brigadistas.	Encostas/taludes na Ilha Barnabé instáveis com risco eminente de colapso.
5 Catastrófico	Mais de 40% dos equipamentos de transferência entre recebimento terrestre (rodoviário, ferroviário, dutoviário) e armazéns apresentam paralisação contínua superior a 168 h consecutivas; Ocorrência de incêndios provenientes de descargas elétricas de potenciais médio ou alto, com controle efetivo e custoso dos brigadistas.	Colapso das encostas na Ilha Barnabé, com danos aos tanques.

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 10: Escala de Severidade Estrutural para Contêineres e Celulose

Nível de Severidade		ESCALA DE SEVERIDADE ESTRUTURAL	
		Contêineres	Celulose
1	Leve	Recalque de solo em pátio de contêineres pouco pronunciado e sem risco para armazenamento e estruturas.	Empoçamento de água no sistema viário de acesso ao terminal e armazém Detecção de pequena infiltração de água (gotejamento) no sistema de cobertura do armazém Demanda de vistoria de armazém, equipamentos e linha de cais
2	Moderado	Danos como empoçamento de áreas do terminal, com possibilidade de gerar instabilidade do solo e aceleração de recalque por fuga de material; Reparos de equipamentos e Edificações/estruturas realizados por equipe própria ou terceira em um período de 24 h a 48 h. Essa manutenção não impacta na operação de cais (produtividade de navio); Reparos mais simples, como remoção de árvore tombada, realizados por equipe especializada em período de até 24 h. Essa manutenção não impacta na operação de cais (produtividade de navio); e Danos à infraestrutura não causam risco de comprometimento estrutural. Porém demanda paralisação de operações por até 4h, para ocorrência da manutenção e limpeza.	Infiltração de água pelo sistema de cobertura do armazém, comprometendo parcialmente o uso do armazém Demanda de vistoria de cabeamento de ancoragem de navio ao berço
3	Grave	Danos à infraestrutura causam risco de comprometimento estrutural. Demanda paralisação de operações de 4 h a 8 h, para ocorrência da manutenção e limpeza; Danos causados a portêineres (STS) e scanner exigem manutenção corretiva executada em até 8h; e Recalque acentuado de solo em pátios e cais com geração de instabilidade de pilhas de armazenamento, gerando danos estruturais nas Edificações e impossibilidade de tráfego de equipamentos.	Infiltração de água pelo sistema de cobertura do armazém, comprometendo o uso do armazém por até 8 h Empoçamento de água no sistema viário, comprometendo os componentes elétricos da balança de pesagem de veículos rodoviários por até 12 h Necessidade de manutenção preventiva não programada do sistema de içamento
4	Severo	Danos à infraestrutura causam risco de comprometimento estrutural. Demanda paralisação de operações de 8 h a 12 h, para ocorrência da manutenção e limpeza; Danos causados a portêineres (STS) e scanner apresentam manutenção corretiva executada entre 8h a 12h; e Recalque acentuado de solo em pátios e cais com geração de instabilidade de pilhas de armazenamento, gerando danos estruturais que obrigam a suspensão de atividades por perda de função e de segurança.	Infiltração de água pelo sistema de cobertura do armazém, comprometendo o uso do armazém por até 12 h Empoçamento de água no sistema viário, comprometendo os componentes elétricos da balança de pesagem de veículos rodoviários por até 12 h Recalques ou patologias na superfície do cais, impossibilitando o tráfego de empilhadeiras; Demanda de manutenção corretiva de Equipamentos de Içamento.
5	Catastrófico	Danos à infraestrutura causam risco de comprometimento estrutural. Demanda paralisação de operações de 12 h a 24 h, para ocorrência da manutenção e limpeza; Colapso estrutural de portêineres; Colapso estrutural de cais; Colapso estrutural do pátio de contêineres; Perda total de equipamentos de pátio, destinados ao içamento e movimentação de contêineres.	Colapso estrutural de Equipamentos de Içamento; Infiltração de água pelo sistema de cobertura do armazém, comprometendo o uso do armazém por até 24 h Empoçamento de água no sistema viário, comprometendo os componentes elétricos da balança de pesagem de veículos rodoviários por até 24 h Colapso estrutural de cobertura ou paredes de fechamento do armazém.

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 11: Escala de Severidade Operacional para Granéis Sólidos, Líquidos e Gasosos

Nível de Severidade		ESCALA DE SEVERIDADE OPERACIONAL	
		Granéis sólidos	Granéis Líquidos e Produtos Gasosos
1	Leve	Paralisação de recebimento de graneis agrícolas dos canais terrestres (rodoviário e ferroviário) em período inferior a 12h; e As interrupções ocorridas não comprometem: (a) a programação dos embarques do terminal em duas semanas após o evento; (b) o recebimento de mercadoria por via terrestre, dentro do próprio mês de ocorrência do evento. Esses eventos não alteram o planejamento semanal do operador.	Impraticabilidade parcial da barra para navios com entrada ou saída dos píeres na Alemoa e Ilha Barnabé, para navios com obstrução à linha de visada entre o passadiço e a proa conforme critérios normativos.
2	Moderado	Inibição na totalidade a operação de processamento de navios de graneis sólidos; As interrupções ocorridas não comprometem: (a) a programação dos embarques do terminal dentro do próprio mês; (b) o recebimento de mercadoria por via terrestre, dentro do próprio trimestre, decorrente de paralisação superior a 2 semanas. Esses eventos alteram o planejamento mensal do operador; Interrupção das vias de acesso terrestre ao terminal ou sobre-estadias de caminhões sem afetar a operação, em períodos de menos de 1 dia por via férrea ou rodoviária; e	Inibição da operação de graneis líquidos, atingindo 50% dos volumes a serem processados.
3	Grave	Inibição na totalidade à operação de processamento de navios de graneis sólidos; Interdições superiores a 30 dias acarretam: (a) comprometimento do embarque de navios no período mensal; (b) comprometimento do recebimento terrestre do terminal, com paralisação superior a 6 meses e interrupção das atividades portuárias. Necessidade de alteração do planejamento semestral; e Interrupção das vias de acesso terrestre ao terminal em períodos superiores a 1 dia por via férrea ou rodoviária.	Inibição da operação de graneis líquidos, atingindo de 50% a 60% dos volumes a serem processados.
4	Severo	Inibição na totalidade a operação de processamento de navios de graneis sólidos; Interdições sucessivas ou superiores a 60 dias com impacto no negócio. No caso do açúcar, acarreta a total paralisação do terminal marítimo no período de uma safra, porém sem afetar ativos da companhia. Necessidade de alteração do planejamento anual; Paralisação operacional total de correias transportadoras, de abastecimento das moegas.	Inibição da operação de graneis líquidos, atinge de 60% a 80% dos volumes a serem processados.
5	Catastrófico	Inibição na totalidade da operação de processamento de navios de graneis sólidos; e Interdição superior a 90 dias impossibilitam a execução do plano anual de embarque. No caso do açúcar, há paralisação do terminal por uma safra (ou mais) afeta na perda de ativos da companhia.	Inibição na totalidade do processamento de navios de graneis líquidos e gasosos.

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 12: Escala de Severidade Operacional para Contêineres e Celulose

Nível de Severidade		ESCALA DE SEVERIDADE OPERACIONAL	
		Contêineres	Celulose
1	Leve	Demanda monitoramento das condições climáticas	Necessita atenção na operação de processamento de navios com celulose, demandando proteção de carga.
2	Moderado	Redução da produtividade de Gate em 10% ou 3 movimentos por hora devido a condições climáticas adversas.	Paralisação total da operação de processamento de navios com embarque de celulose durante um período de 6 h a 24 h.
3	Grave	Redução da produtividade de Gate em 20% ou 6 movimentos por hora devido a condições climáticas adversas; Paralisação das atividades de pátio e/ou cais (embarque em navio) por até 2 h; e Deslocamento involuntário de equipamentos portuários e queda de contêineres.	Paralisação total da operação de processamento de navios com embarque de celulose durante um período de 24 e 48 h.
4	Severo	Paralisação de Gate devido a condições climáticas adversas e consequente falta de caminhões acessando o terminal; e Paralisação das atividades de pátio e/ou cais (embarque em navio) entre 2 h a 4 h; e Danos pessoais e materiais causados por deslocamento involuntário de equipamentos portuários e queda de contêineres.	Paralisação total da operação de processamento de navios com embarque de celulose durante um período de 48 h a 7 dias.
5	Catastrófico	Paralisação total da operação de processamento de navios de contêineres; Paralisação das atividades de pátio e/ou cais (embarque em navio) superior a 4 h; e Danos pessoais e materiais de causados por queda de equipamentos e de contêineres no mar devido a deslocamento involuntário.	Paralisação total da operação de processamento de navios de celulose e automóveis por mais de 7 dias.

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 13: Escala de Severidade Estrutural para características e danos comuns a todos operadores do complexo portuário

ESCALA DE SEVERIDADE ESTRUTURAL		Características e danos comuns a todos os operadores do complexo portuário
Nível de Severidade		Descrição
1	Leve	Necessidade de monitoramento das condições climáticas para operação e integridade física dos equipamentos portuários fixos, móveis ou de transferência de carga. Exige atendimento às bases normativas de Segurança de agentes internacionais, nacionais, Capitania dos Portos de São Paulo e Autoridade Portuária. A ação nos equipamentos não apresenta danos, exigindo somente a realização de vistoria da equipe do terminal; Restrição parcial do canal de navegação, por período de até 3 horas, decorrente de falha no posicionamento do balizamento ou de possíveis obstruções no canal de navegação; Nas demais infraestruturas, como pátios, armazéns, área de acostagem, sistema viário e cercamento, os danos não afetam a operação, meio ambiente e segurança, demandando somente vistoria da equipe operacional; Necessidade de alocação de equipe para realização de vistorias das instalações de cais, cabeamento de acostagem, transportadores contínuos, Equipamentos de Içamento/transferência e infraestrutura de armazenagem (silos, esferas, tanques, armazéns e pátios); Alocação de equipe para realização de serviços de varrição, limpeza, desobstrução de bueiros e bocas de lobo nos sistemas de drenagem de pátio, cais e sistema viário; Utilização de mão de obra própria do terminal/operador com baixíssimo custo. Custos dos danos estimados ao limite de R\$5 milhões para armazéns, pátios, silos, tanques, Berços, transportadores contínuos, Equipamentos de Içamento e equipamentos de movimentação de carga. Reparos ocorrem em menos de 24h; Reparos necessários aos danos não afetam a operação de processamento de carga e descarga de navios. Manutenção é necessária para não acelerar o processo de deterioração da infraestrutura e prevenir danos à carga e insalubridade no ambiente de trabalho; e Avárias em telhados e cobertura de armazéns e transportadores contínuos, sem o arranque total do elemento. É possível verificar futuros pontos de infiltração de água ou de fragilidade estrutural quando a ocorrência de eventos mais severos.
2	Moderado	Necessidade de monitoramento das condições climáticas para operação e integridade física dos equipamentos portuários fixos, móveis ou de transferência de carga. Exige atendimento às bases normativas de Segurança de agentes internacionais, nacionais, Capitania dos Portos de São Paulo e Autoridade Portuária. A ação nos equipamentos apresenta danos, exigindo a realização de paralisação, vistoria e manutenção preventiva; Restrição parcial do canal de navegação, por período entre 3 e 12 horas, decorrente da existência de possíveis obstruções no canal de navegação; Restrição total do canal de navegação por período de até 6 horas, decorrente da presença de obstáculos que impedem o uso do canal (boia de sinalização, casco soçobrado, dentre outros), bem como avaria de navio relacionada com condição climática adversa; Utilização de mão de obra própria do terminal/operador com baixo custo. Custos dos danos estimados no intervalo de R\$5 a R\$15 milhões para armazéns, pátios, silos, tanques, Berços, transportadores contínuos, Equipamentos de Içamento e equipamentos de movimentação de carga. Reparos ocorrem em 24 h a 48 h; Danos como: (a) arranque parcial de telhado e coberturas; (b) tombamento de árvores fora do raio de rede elétrica e estruturas; (c) inundações pluviais esparsas com baixo nível e alto tempo de escoamento; (d) colisão de navio com sinalização náutica; (e) estouro de cabos de amarração, sem deriva do navio.

3	Grave	Necessidade de monitoramento das condições climáticas para operação e integridade física dos equipamentos portuários fixos, móveis ou de transferência de carga. Exige atendimento às bases normativas de Segurança de agentes internacionais, nacionais, Capitania dos Portos de São Paulo e Autoridade Portuária. A ação nos equipamentos apresenta danos, exigindo a realização de paralisação, vistoria e manutenção corretiva leve; Restrição parcial do canal de navegação, por período entre 12 e 24 horas, decorrente da existência de possíveis obstruções no canal de navegação ou de falha no posicionamento do balizamento; Restrição total do canal de navegação por período entre 6 e 24 horas, decorrente da presença de obstáculos que impedem o uso do canal (boia de sinalização, casco soçobrado, dentre outros), bem como avaria de navio relacionada com condição climática adversa; Utilização de mão de obra própria do terminal/operador ou de empresa especializada, com custo médio. Custos dos danos estimados no intervalo de R\$15 a R\$50 milhões para armazéns, pátios, silos, tanques, Berços, transportadores contínuos, Equipamentos de Içamento e equipamentos de movimentação de carga. Reparos ocorrem em prazo de 48 h a 7 dias; Quebra de estiva de navios (30% a 40%) devido à perda de profundidade do canal, ocasionando restrições de calado no canal de acesso e Berços; Danos como: (a) arranque de telhado e coberturas; (b) tombamento de árvores no raio de rede elétrica e estruturas; (c) inundações pluviais contíguas com alto nível e alto tempo de escoamento; (d) perda de sinalização e balizamento náutico; (e) dificuldade de acesso ao terminal; (f) estouro de cabos de amarração, com deriva de navio; (i) encalhe de navio no berço ou canal; Reparos de equipamentos e Edificações/estruturas realizadas por equipe própria ou terceirizada em <u>período de 48h a 7 dias, sem impactos na operação de cais (produtividade de navio)</u>;
4	Severo	Necessidade de monitoramento das condições climáticas para operação e integridade física dos equipamentos portuários fixos, móveis, de transferência de carga. Exige atendimento as bases normativas de Segurança de agentes internacionais, nacionais, Capitania dos Portos de São Paulo e Autoridade Portuária. A ação nos equipamentos apresenta danos funcionais reparáveis, exigindo a realização de paralisação, vistoria e manutenção corretiva severa; Restrição parcial do canal de navegação, por período superior a 24 horas, decorrente de falha no posicionamento do balizamento ou da existência de possíveis obstruções no canal de navegação; Restrição total do canal de navegação por período entre 1 e 7 dias, decorrente da presença de obstáculos que impedem o trânsito no canal (boia de sinalização, casco soçobrado, dentre outros), bem como avaria de navio relacionada com condição climática adversa; Utilização de mão-de-obra de empresa especializada, com custo alto. Custos dos danos estimados no intervalo de R\$50 a R\$100 milhões para armazéns, pátios, silos, tanques, Berços, transportadores contínuos, Equipamentos de Içamento e equipamentos de movimentação de carga. Reparos em equipamentos ocorrem em prazo de 7 dias a 6 meses. Reparos para infraestrutura civil e portuária superior a 1 ano. Manutenção de equipamentos e infraestrutura em área coberta ocorrem em prazos superiores a 3 meses; Quebra de estiva de navios (41% a 50%) devido à perda de profundidade do canal, ocasionando restrições de calado no canal de acesso e Berços; Danos ocasionados a infraestrutura causam colapso estrutural. Reparo de equipamentos e Edificações/estruturas sem prazo definido para execução, devido à complexidade ou indisponibilidade momentânea de materiais no mercado local; Danos como: (a) colapso de armazéns; (b) colapso de estruturas portuárias de berço e cais; (c) colapso de canal de acesso e bacias de evolução; (d) colapso de transportadores contínuos; (e) adornamento e capotamento de navio sem impacto ambiental e risco de explosão; (f) inundações pluviais contíguas constantes com deterioração do sistema de drenagem, sistema viário, pátios, túneis, balanças e moegas; (g) <u>perda funcional com colapso da superestrutura de sistema viário interno ao porto.</u>

5	Catastrófico	Necessidade de monitoramento das condições climáticas para operação e integridade física dos equipamentos portuários fixos, móveis, de transferência de carga. Exige atendimento as bases normativas de Segurança de agentes internacionais, nacionais, Capitania dos Portos de São Paulo e Autoridade Portuária.
		A ação nos equipamentos apresenta danos estruturais e funcionais irreparáveis, exigindo a paralisação imediata. Nos equipamentos, a manutenção corretiva não apresenta viabilidade econômica , sendo necessário aquisição de novos equipamentos. As infraestruturas civis e portuárias, devido ao colapso, necessitam reconstrução;
		Utilização de mão-de-obra de empresa especializada, com custo altíssimo. Custos dos danos estimados superior a R\$100 milhões para armazéns, pátios, silos, tanques, Berços, transportadores contínuos, Equipamentos de Içamento e equipamentos de movimentação de carga. Reparos em equipamentos ocorrem em prazo superior a 6 meses e reparos para infraestrutura civil e portuária com prazo superior a 1 ano. Além disso, ocorre a manutenção de equipamentos e infraestrutura em área coberta ocorrem em prazos superiores a 3 meses.
		Necessária a reconstrução total da infraestrutura afetada. Necessária a aquisição de novos Equipamentos de Içamento de carga e transportadores contínuos; e
		Danos como: (a) colapso total de armazéns, estruturas portuárias de berço/cais, canal de acesso e bacias de evolução, transportadores contínuos e Equipamentos de Içamento; (b) encalhe ou naufrágio de navio com impacto ambiental e risco de explosão; (c) inundações pluviais com danos colapsáveis de estruturas e equipamentos.

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 14: Escala de Severidade Operacional para características e danos comuns a todos operadores do complexo portuário

ESCALA DE SEVERIDADE OPERACIONAL Características e danos comuns a todos os operadores do complexo portuário		
Nível de Severidade		Descrição
1	Leve	Impraticabilidade parcial da barra em decorrência de baixa visibilidade, por período de até 3h; Impraticabilidade parcial da barra por período de até 3h decorrente de redução temporária de calado; Condições climáticas adversas demandam/causam: (a) inspeções extras de porões navios atracados; (b) atraso na entrega de combustível a embarcações e equipamentos móveis de pátio; (c) alerta aos navegantes; (d) inibição do processamento de desatracação de navios aptos a partida; (e) atrasos nas operações das embarcações, não causando prejuízos como multas contratuais de sobre-estadia e <i>demurrage</i> de cargas e navios;
2	Moderado	Ocorrência de acidente de trabalho, com atendimento de primeiros socorros e sem fatalidade; Impraticabilidade parcial da barra por período entre 3 e 12 horas, decorrente a: (a) redução temporária de calado; ou (b) baixa visibilidade; Impraticabilidade total da barra por período de até 6 horas; Ocorrências de: (a) paralisação de trabalhos em altura, incluindo a operação de Equipamentos de Içamento e transferência de carga a navios; (b) atraso no acesso dos funcionários aos terminais; (c) oscilação de energia elétrica fornecida pela rede pública por apagão ou racionamento; (d) espera da Praticagem de Entrada ou Saída inferior a 4h; (e) espera de liberação climática para atracação ou desatracação; (f) filas nos fundeadouros com tempo de espera menor que 72h; (g) cancelamento do reabastecimento de combustível para navios.

3	Grave	Ocorrência de acidente de trabalho, com afastamento temporário do colaborador; Impraticabilidade parcial da barra por período entre 12 e 24 horas, decorrente a: (a) redução temporária de calado; ou (b) baixa visibilidade; Impraticabilidade total da barra por período entre 6 e 24 horas; Severos prejuízos financeiros oriundos da sobre-estadia de embarcações e cargas nos terminais dentro de nível admissível. Não há cancelamento da escala dos navios no Porto de Santos; Ocorrências de: (a) inacessibilidade dos funcionários aos terminais; (b) interrupção do fornecimento de energia elétrica pela rede pública por apagão ou racionamento inferior a 2h; (c) espera da Praticagem de Entrada ou Saída superior a 4h; (d) filas nos fundeadouros com tempo de espera entre 72h a 120h; (e) interrupção de embarque/desembarque de carga em navios por período inferior a 6h; (f) colisão de entre navios em passagem no canal com navio atracado, com interrupção do berço inferior a 6h; (g) rompimento parcial de estaiamentos com paralisação temporária das operações com tempo inferior a 3h.
4	Severo	Ocorrência de acidente de trabalho, apresentando casos das seguintes consequências: (a) afastamento definitivo de colaborador; (b) óbito de um colaborador; Rupturas contratuais na operação marítima para diversas categorias de cargas operadas no complexo portuário; Impraticabilidade parcial da barra por período superior a 24 horas, decorrente de: (a) redução temporária de calado; ou (b) baixa visibilidade; Perda da escala operacional nas rotas marítimas; Impraticabilidade total da barra por período entre 1 e 7 dias; Ocorrências de: (a) dispensa mão-de-obra portuária; (b) interrupção do fornecimento de energia elétrica pela rede pública por apagão ou racionamento entre 2h a 4h; (c) filas nos fundeadouros com tempo de espera superior a 120h; (d) colisão de entre navios em passagem no canal com navio atracado, com interrupção de berço superior a 6h; (e) interrupção de embarque/desembarque de carga em navios por período superior a 6h; (f) rompimento parcial de estaiamentos com paralisação temporária das operações com tempo superior a 3h. Impactos na operação e consequentemente na aderência de mão-de-obra portuária. Estivadores nas operações de embarque em número demasiado e ocioso, gerando necessidade de demissões e gerando passivo trabalhista.
5	Catastrófico	Requer monitoramento das condições climáticas para operação e integridade física dos equipamentos portuários fixos, móveis, de transferência de carga. Exige atendimento as bases normativas de Segurança de agentes internacionais, nacionais, Capitania dos Portos de São Paulo e Autoridade Portuária; Fechamento operacional de poligonais/setores do zoneamento portuário por longo período com longa estimativa de tempo de reabertura; Situação irreversível com penalidades comerciais severas; Ocorrência de acidente de trabalho com óbito de mais de um colaborador em evento coletivo; Impraticabilidade total da barra por período superior a 7 dias; Ocorrências de: (a) interrupção do fornecimento de energia elétrica pela rede pública por apagão ou racionamento superior a 4h; (b) colisão de entre navios em passagem no canal com navio atracado, com interrupção de berço superior a 2 dias.

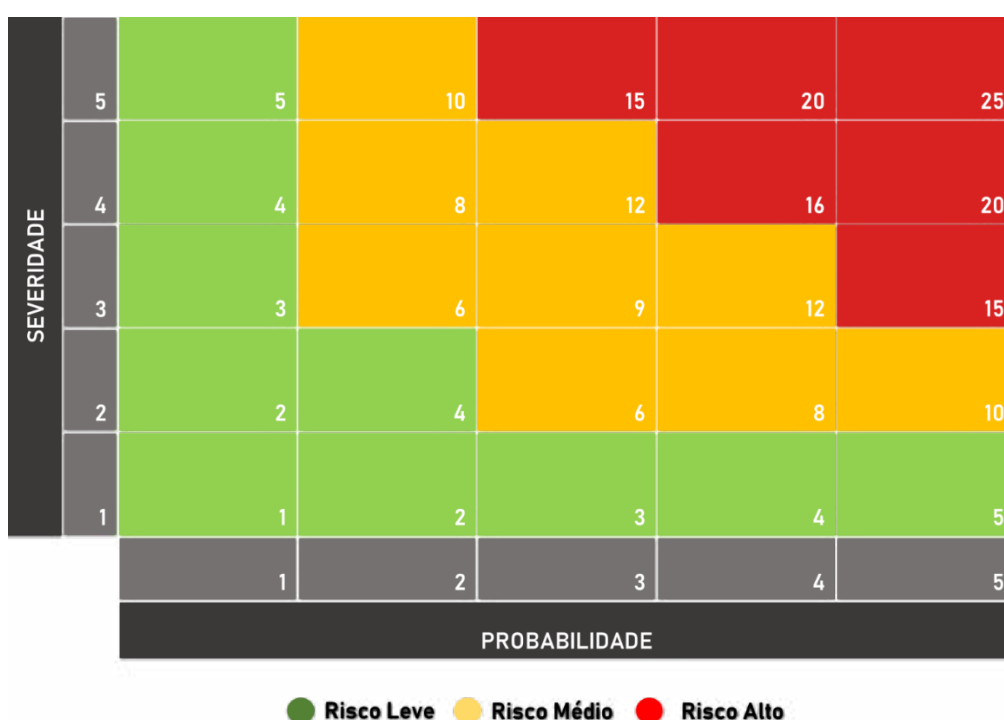
Por sua vez, a escala de risco segue a estrutura apresentada na Tabela 15 e Figura 9.

Tabela 15: Escala de risco dos impactos

Nível	Descrição do risco	Intervalo de valores	
1	Leve	1	5
2	Médio	6	14
3	Alto	15	25

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 9: Matriz de risco e mapa de cor



Fonte: ENGINEERS CANADA (2016). Tradução livre.

As subseções a seguir tratam dos principais elementos que compõem a matriz de risco. Primeiramente, aborda-se a probabilidade de ocorrência de um evento climático. Em seguida, o grau de severidade de impacto que um evento climático pode gerar. Por último, o valor do risco climático associado às infraestruturas do porto e pelas ameaças climáticas.

3.5.2.1. Escala de Probabilidade

Na etapa de levantamento da probabilidade das ameaças climáticas, apresentou-se os valores de probabilidade de ocorrência de eventos climáticos do Porto de Santos. As variáveis climáticas definidas no documento dizem respeito às ameaças de Vento Fraco (3 m/s), Vento Moderado (7 m/s), Vento Forte (10 m/s), Chuva Persistente (1 mm), Chuva Forte (15 mm) e Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Mar.

Em geral, o porto apresentou probabilidade de Vento Fraco acontecer 'Frequentemente', mas 'Quase Nunca' para Vento Forte. A Chuva Persistente tem probabilidade 'Muito frequentemente' e Chuva Forte tem probabilidade 'Frequentemente'. Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar tem probabilidade atual de 'Quase Nunca', mas aumentando para 'Raramente' a partir da metade do século.

3.5.2.2. Escalada de Severidade

No levantamento das infraestruturas portuárias e severidade, foram verificados valores de severidade de impactos para interações entre ameaças climáticas e infraestruturas. Os resultados foram apresentados considerando potenciais danos estruturais e operacionais, de acordo com diferentes perfis de carga. As interações levam em conta o inventário de infraestruturas e as mesmas ameaças climáticas consideradas no levantamento da probabilidade das ameaças climáticas.

Em geral, o levantamento das infraestruturas portuárias e severidade apresenta valores baixos de severidade para o Porto de Santos, com exceção da Bacia de Evolução, Canal Interno e Canal Externo, que possuem interação com Chuva Forte, uma vez que foram relatados que isso pode causar um maior assoreamento do canal.

3.5.2.3. Cálculo de Risco

O risco é uma função composta pelo produto dos valores de severidade e probabilidade. Os valores obtidos através desse cálculo servem para indicar quais são as interações (ameaça climática - infraestrutura) que apresentam maior perigo ao porto e ajudam a definir como as ações devem ser priorizadas.

O cálculo do risco é apresentado a seguir pela Equação 3:

$$R_{ij} = P_i \times S_{ij} \text{ (Equação 3)}$$

Onde se lê:

R = risco climático;

P = probabilidade de ocorrer um evento;

S = severidade com que a infraestrutura é afetada;

i = evento climático; e

j = infraestrutura.

Em termos gerais, as pontuações baixas representam riscos com baixo fator de preocupação. Por outro lado, riscos de valores "médios" a "altos" podem indicar a necessidade de monitoramento e intervenção corretiva.

3.6. Identificação e Proposição de Medidas de Adaptação

3.6.1. Objetivos Específicos

Esta etapa tem por objetivo principal identificar, avaliar e recomendar medidas de adaptação robustas e eficientes para o Porto de Santos para a qual é esperado como produto:

Tabelas com a avaliação das medidas de adaptação já implementadas e as possíveis de implementação para cada elemento de infraestrutura e superestrutura dos portos estudados.

As perguntas norteadoras que embasam esta etapa são:

- “Quais são as medidas de adaptação já adotadas e outras possíveis a serem implementadas?”;
- “Qual é a viabilidade técnica e financeira da implementação de cada uma das medidas de adaptação?”;
- “Quais são as medidas de adaptação que garantem a eficiência e regularidade das operações, segurança, pontualidade e prestação do serviço adequado?”;
- “Quais são as medidas de não arrependimento?”;
- “Quais medidas podem ser implementadas para a infraestrutura X diante da ameaça climática Y?”;
- “Quais são as vantagens e desvantagens de cada medida?”;
- “Qual é a tipologia de cada medida (gestão ou engenharia)?”

3.6.2. Oficina de trabalho

Segundo o Protocolo PIEVC (ENGINEERS CANADA, 2016), uma oficina de trabalho pode ser conduzida para concluir a análise de risco e estimular a proposição de medidas adaptativas. Realizá-lo estimula o intercâmbio e a geração de ideias, o que possibilita encorajar o pensamento “não isolado” e a verificação de ideias através da diversidade de expertises presentes (ENGINEERS CANADA, 2016).

Portanto, para o desenvolvimento das medidas de adaptação, foi realizada uma oficina com atores-chave do Porto de Santos no dia 27 de maio de 2022. O evento aconteceu das 9h às 16h de forma remota por meio do aplicativo Zoom e foi conduzido pela I Care, GIZ e ANTAQ.

A dinâmica da oficina iniciou-se com a apresentação dos resultados do levantamento da probabilidade de ameaças climáticas, das infraestruturas portuárias e severidade e do cálculo de risco climático e, em seguida foram desenvolvidas atividades que estimulassem o desenvolvimento de ideias e proposições de medidas de adaptação frente às ameaças climáticas no porto.

Todas as medidas de adaptação desenvolvidas no evento e após o evento estão compiladas neste documento. A Santos Port Authority (SPA) foi a responsável pela elaboração das medidas de adaptação e as encaminhou para contribuição dos terminais, no entanto, não houve complementação, de forma que se considerou que os mesmos acataram as sugestões da Autoridade Portuária.

3.6.3. Desenvolvimento e avaliação das medidas de adaptação

As medidas de adaptação são divididas por interação ameaça-infraestrutura, que tem um risco associado, em geral, “médio”. As medidas são detalhadas por tipo (gerencial ou estrutural) e por custo, benefícios, prazo de execução, complexidade e horizonte/urgência, sendo esses elementos avaliados de forma qualitativa. Adicionalmente, as medidas possuem responsável definido e outros atores-chaves que podem ser envolvidos. Algumas medidas podem contar também com algumas observações. Ao fim, as medidas são analisadas criticamente pela equipe consultora, buscando trazer elementos que respondem às perguntas norteadoras.

4 :: RESULTADOS

4.1. Levantamento do Histórico de Impactos associados ao Clima

4.1.1. Caracterização do porto

A caracterização do porto a seguir e suas principais infraestruturas e superestruturas, buscam responder à pergunta norteadora:

- “Quais são as infraestruturas e superestruturas de interesse?”.

O Porto de Santos, inserido em um contexto estuarino, com canal de acesso recebendo vazões fluviais de tributários originados na Serra do Mar, conta com as atividades direta e indiretamente relacionadas a Marinha Mercante localizadas nos municípios paulistas de Santos, Guarujá e Cubatão.

Essa condição geográfica da planície estuarina da Baixada Santista provém um abrigo natural do complexo portuário, sem a necessidade de molhes, quebra-mares, polderes e diques para a proteção dos efeitos ondas e marés. Contudo, o terminal portuário de Santos, como a maior parte dos portos brasileiros, encontra-se inserido em um contexto urbano, tendo as áreas portuárias e retroportuárias impactadas pela expansão ou pelas operações de acesso terrestre, interferindo ou sendo interferida pelo tráfego urbano ou pelo clandestino uso e ocupação de áreas portuárias.

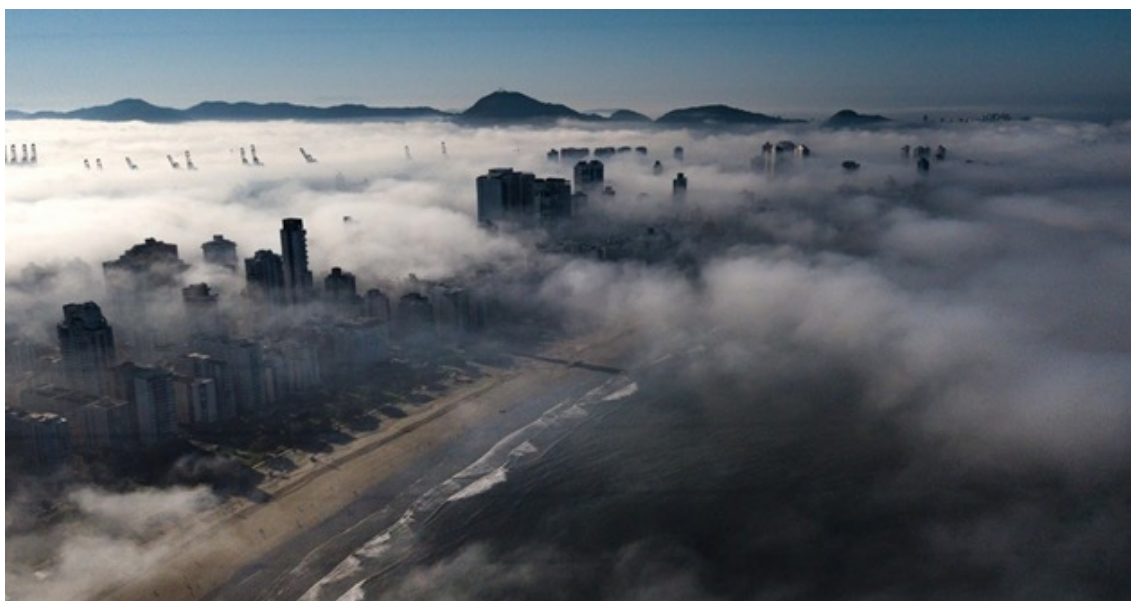
Segundo Köppen-Greiger (apud KOTTEK et al., 2006), Santos possui um clima tropical litorâneo úmido, com verões quentes e chuvosos (média de 270 mm de chuva em janeiro) e os invernos com temperaturas mais amenas e menor incidência de chuvas (média de 70 mm em agosto), totalizando uma precipitação média de 3.207 mm ao ano. Segundo Kottek et al. (2006), no verão, a temperatura mínima da cidade tem, em média, 23 °C e as máximas são de 30 °C, sendo comum observar tardes com temperatura entre 35 e 40 °C. No inverno, a temperatura média mínima é de 17 °C e a máxima, de 24 °C, podendo apresentar influência de massas polares as temperaturas que levam a temperatura para abaixo de 10 °C. Ainda segundo Kottek et al., a direção do vento predominante é a sudeste, com velocidade média anual 1,5 m/s.

A ocorrência de neblina na cidade é relativamente comum, com impactos diretos à operação

do porto, que chega a suspender a navegação no canal. Também há relatos de impacto sobre as balsas de passageiros na travessia Santos/Guarujá. A Figura 10 exemplifica esse tipo de ocorrência.

A região costeira de Santos é constantemente afetada pela entrada de frentes frias, com ventos e correntes de direção Sul. Tais frentes são responsáveis pelo aporte, circulação e retirada dos sedimentos (areia).

Figura 10: Imagem do nevoeiro no dia 29 de junho de 2019 (porto ao fundo da imagem)



Fonte: GI, 2019.

Segundo a Santos Port Authority – SPA (2021), historicamente, as atividades portuárias em Santos têm origem no século XVI em caráter rudimentar. No fim do século XIX, com a concessão a investidores privados, o porto iniciou as melhorias em infraestrutura.

Segundo o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Santos (SPA, 2020), suas vias de acesso incluem 20 km de acessos rodoviários internos, 100 km de ferrovias internas e 55 km de dutovias. Além disso, o porto possui outras formas de acesso por meio de sistemas aquaviários e aeroviários, estando localizado cerca de 10 km da Base Aérea de Santos.

A organização espacial do Porto de Santos basicamente tem o zoneamento dos terminais segregados pelo próprio canal do estuário, definindo os terminais localizados a Margem Direita e a Margem Esquerda. As operações ferroviárias são intensas, apresentando diversos terminais em ambas as margens conectados a uma densa malha ferroviária, para os padrões brasileiros. O tráfego rodoviário é intenso, sendo algumas tecnologias de transportes veiculares inventadas pela própria pressão pela eficiência quanto à minimização dos custos, impostas nas cadeias exportadoras via Santos. Podemos citar o exemplo dos rodotrens de 25 metros a 30 metros e Peso Bruto Total Combinado (PBTC) de 75 toneladas. Tem-se, por fim, o complexo

viário do sistema Rodovia Anchieta (SP-150) e Rodovia dos Imigrantes (SP-160).

O porto de Santos possui uma área de cerca de 8 km², uma capacidade de movimentação de 146,6 milhões de toneladas de cargas e conta com 54 terminais, 60 berços, a maior parte com 15 m de profundidade, e 16 cais acostáveis.

Todo esse contexto, pode ser facilmente afetado fisicamente e economicamente por fatores adversos relacionados à mudança climática, desde eventos sutis, eventos percebidos pelos usuários do sistema portuário, a eventos trágicos, como os deslizamentos ocorridos na Baixa da Santista em fevereiro e março de 2020 (MAGRI, 2020).

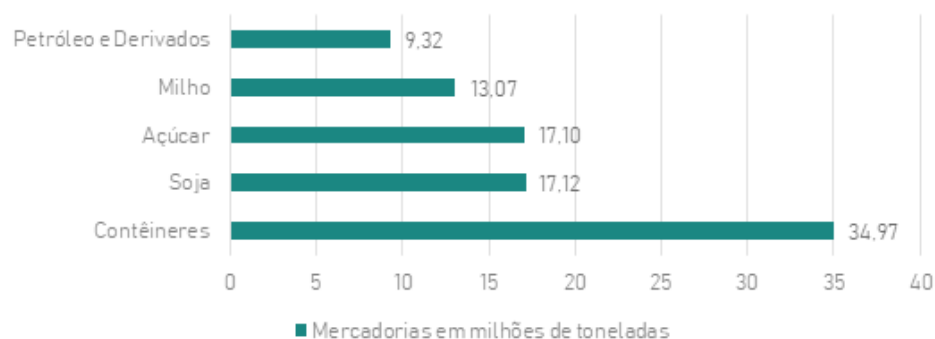
O Porto de Santos consta com o endereço da Autoridade Portuária localizado à Av. Conselheiro Rodrigues Alves, número 56, Bairro do Macuco, Santos, São Paulo. O Porto Organizado encontra-se inserido no quadrante formado pelos pares de coordenadas 23°43'9.55"S, 46°25'28.48"O e 24°14'60.00"S, 46°5'8.05"O. O ordenamento naval para o tráfego das embarcações comerciais, contendo canal, pontos de risco à navegação e sinalização, é organizada e disponibilizada pela Marinha do Brasil, com o Centro de Hidrografia da Marinha (Marinha do Brasil, 2021), via as cartas náuticas número: (a) Carta nº 1711: Proximidade do Porto de Santos; (b) Carta nº 1712: Porto de Santos (Parte Norte); e (c) Carta nº 1713: Porto de Santos (Parte Sul).

O Porto Organizado de Santos é caracterizado como de multipropósito. Nele são transportados materiais diversos, como grãos, sólidos vegetais e minerais, líquidos químicos e combustíveis. Além disso, o porto possui áreas reservadas para transporte de cargas em geral e para o transporte de pessoas (Santos Port Authority, 2021).

Atualmente, o Porto Organizado de Santos é o segundo maior complexo portuário da América Latina em movimentação de contêineres e responsável por, no mínimo, 25% do comércio exterior brasileiro (Santos Port Authority, 2021). Segundo a Autoridade Portuária de Santos (2021), o porto possui uma área de influência que abrange os estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás e exerce operações que ocorrem durante 24 horas por dia, todos os dias do ano, conectando mais de 600 destinos e movimentando cargas de mais de 200 países,

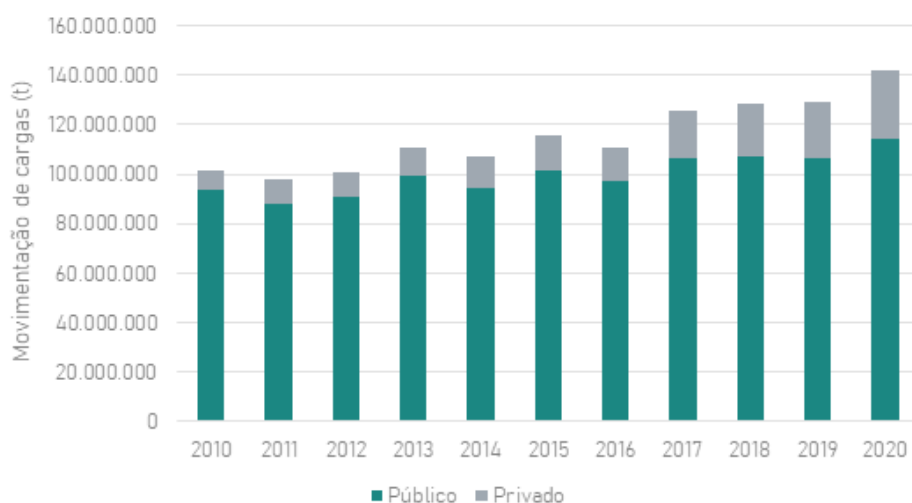
A competência do Porto é processar embarcações oceânicas de rotas de longo curso e cabotagem, em fluxos de exportação e importação, caracterizando o embarque e o desembarque de cargas. O tráfego e as manobras seguras dos navios da marinha mercante inseridas no contexto do Porto de Santos necessitam de infraestrutura e controle de tráfego. De acordo com Magalhães (2011), quanto à classificação da funcionalidade das cargas marítimas, o complexo de terminais do Porto de Santos opera com carga geral (soltas, neogranéis e contêineres) e granéis (líquidos e sólidos).

Segundo a ANTAQ (2021b), para o ano de 2020, as cinco maiores mercadorias do porto em milhões de toneladas foram respectivamente contêineres (34,97 t), soja (17,12 t), açúcar (17,10 t), milho (13,07 t) e petróleo e derivados (9,32 t) como se vê na Figura 11 a seguir.

Figura 11: Cinco maiores mercadorias (carga) em milhões de toneladas para o Porto de Santos

Fonte: Elaboração própria com base no Anuário ANTAQ, 2021b.

O histórico de movimentação de cargas pelo Porto de Santos entre os anos de 2010 e 2020 pode ser visto na Figura 12 a seguir.

Figura 12: Histórico da movimentação do Porto de Santos

Fonte: Elaboração própria com base no Anuário ANTAQ, 2021b.

Segundo o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Santos (2020), é esperado que o Porto tenha um aumento da capacidade de movimentação de 49% até 2040, podendo movimentar até 240,6 milhões de toneladas de carga geral containerizada e veículos. A expansão pode depender da desapropriação de uma série de lotes, mas também de avaliação de ativos do patrimônio histórico e cultural e do atendimento às condicionantes ambientais.

4.1.1.1. Principais infraestruturas e superestruturas

O Porto de Santos dispõe de terminais instalados nas margens do Estuário de Santos, nos municípios de Santos e Guarujá, denominadas Margem Direita e Margem Esquerda (SPA, 2020). Pelo “lado terra”, a poligonal portuária e as atividades retroportuárias relativas ao processamento de cargas, possuem severa supressão da expansão em decorrência da mancha urbana lindeira a instalação portuária. Os terminais instalados nas margens, segundo SPA (2020), são:

MARGEM DIREITA – PONTA DA PRAIA

- SSZ 01 – ADM do Brasil: Terminal movimenta grãos agrícolas, tais como, soja, milho e farelos no fluxo de exportação. Primeiro terminal do estuário, sentido entrada da barra. Área do terminal totaliza 64.243,28 m², contendo 3 armazéns horizontais para grãos, com capacidade de 194.000 t. Terminal conta com 2 shiploaders e sistema de transportadores contínuos. A infraestrutura de acostagem é cais corrido padrão, equipado com cabeços de estaiamento e defensas para proteção da estrutura e casco da embarcação. A linha do cais possui extensão aproximada de 304 m (1 berço) com posição noroeste (NO) em referência ao eixo do canal. Terminal consta com acessos rodoviário de veículos de carga e ferroviário.
- SSZ 03 – TES Terminal Exportador de Santos: Terminal de grãos agrícolas responsável pela movimentação na exportação de soja, milho e farelo. Área estimada de 46.800 m² o novo operador do terminal realiza investimento em infraestrutura de armazenagem, com a demolição de armazém horizontal e construção de silos verticais em concreto, tendo 8 edificadados. Porém, em operação atualmente consta com 2 armazéns horizontais de 100.000 t. Acostagem realizada por cais corrido aproximadamente 310 m de extensão (1 berço). Consta com dois shiploaders para o embarque automatizado dos grãos. Posição do alinhamento do cais é noroeste (NO). Possui acessos rodoviário de veículos de carga e ferroviário.
- SSZ 05 – Terminal XXXIX de Santos: Terminal exporta soja, milho e farelos. Terminal possui área total de 45.000 m², com acostagem realizada em cais corrido de aproximadamente 370 m, com sentido do alinhamento sudoeste (SO). O sistema de armazenamento consta com capacidade de 135.000 t, realizado em 1 armazém horizontal. Consta com acesso terrestre e equipamentos de recepção para vagões ferroviários e veículos rodoviários de carga.

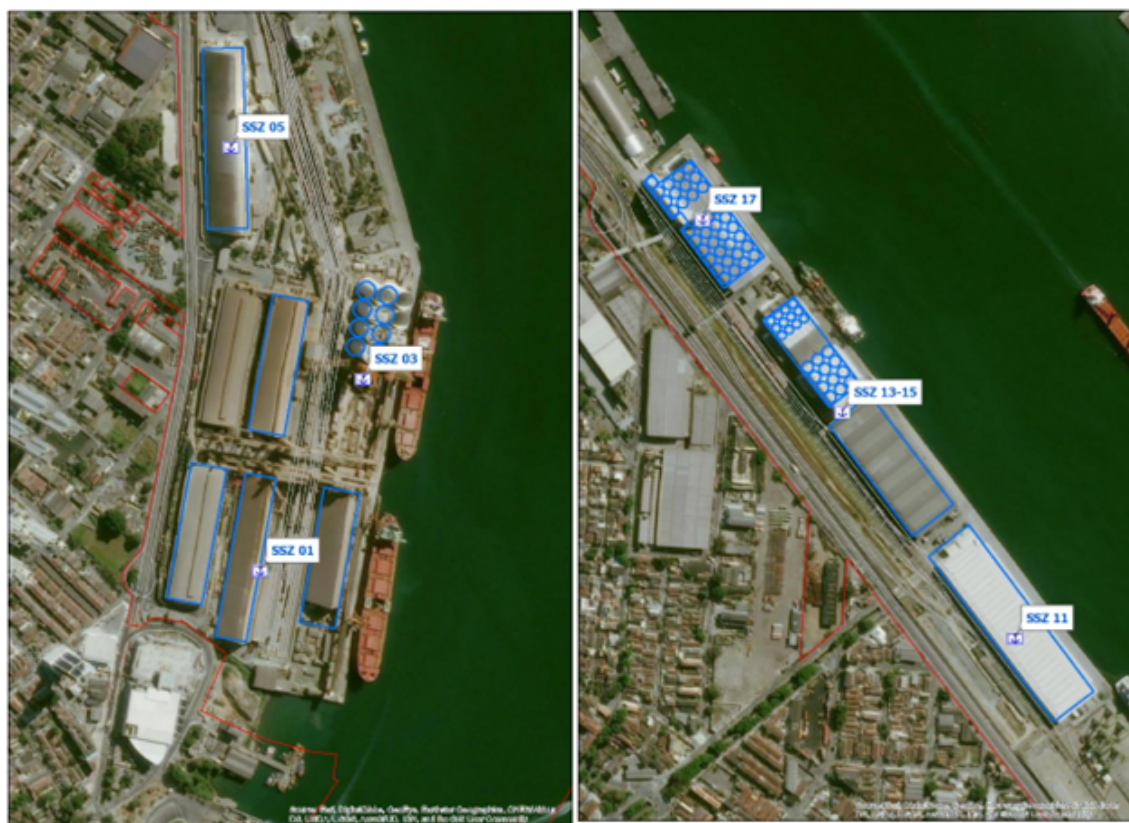
MARGEM DIREITA – MACUCO

- SSZ 11 – Fibria Terminal de Celulose de Santos SPE (Suzano): Terminal responsável pela movimentação de neogranéis, padrão celulose. Terminal possui área de 33.000 m² e o sistema de armazenagem é realizado em galpão com capacidade de 40.000 t de fardos e bobinas de celulose. Opera um berço, em cais corrido, em extensão aproximada de 300 m. Embarque realizado por guindastes móveis e da própria embarcação (self-sustained). Armazém conta com acesso rodoviário e

- ferroviário. Posição do alinhamento do cais é sudoeste (SO).
- SSZ 13-15 – NST Terminais e Logística: Sucos Cítricos (Arm. 30) e Celulose (Arm. 31): Terminal opera mutuamente dois armazéns para distintas cargas: sucos cítricos (granel líquido) no Armazém 30 e celulose (neogranéis) no Armazém 31. O terminal contém a área total de 30.864 m². Os armazéns possuem as seguintes capacidades: (a) celulose, Armazém 31 / SSZ 13: 55.000 t; (b) sucos cítricos, Armazém 30 / SSZ 15, formado por tanques frigoríficos: 98.256 m³. Cais corrido conta com dois berços, extensão aproximada de 405 m e alinhamento sentido sudoeste (SO). Ambos armazéns têm acesso rodoviário. Somente o armazém de celulose possui ramal ferroviário de acesso a infraestrutura coberta.
 - SSZ 17 – Citrosuco Serviços Portuários: Terminal especialista na exportação de granel líquido alimentício: sucos cítricos. Conta com uma área total de 13.884 m², cais corrido, com um berço, e extensão total de 264 m. O armazenamento é realizado em tanques inseridos em câmaras frigoríficas com capacidade total de 147.348 m³. Terminal conta com recebimento rodoviário de caminhões tanque insulados e com sistema pneumático de transferência. Embarque é realizado por sistema dutoviários e mangotes específicos para produtos alimentícios.

Os terminais apontados na margem direita (Macuco e Ponta da Praia) podem ser visualizados pela Figura 13.

Figura 13: Margem Direita – Ponta da Praia e Macuco



Fonte: Elaboração própria com base no Google Earth

MARGEM DIREITA – OUTERINHOS

- SSZ 21 – T-Grão Cargo Terminal de Granéis: Terminal especializado na exportação de grãos de soja e milho. Possui uma área de 19.255 m² e sistema de armazenagem em sistemas de silos e bateria de silos verticais, totalizando 38 unidades e 114.000 t de capacidade estática. O cais corrido conta com 350 m de extensão, com alinhamento sudoeste (SO) e um berço de atracação. Possui sistema automatizado de movimentação de grãos entre os silos, com carregamento executado por equipamento shiploader. Conta com acesso rodoviário e ferroviário para recebimento de grânéis.
- SSZ 23 – Concais: Terminal de passageiros de cruzeiros marítimos com área de 41.895 m², em cais corrido com 420 m no sentido sudoeste (SO).
- SSZ 25I – Deicmar Armazenagem e Distribuição: Terminal de carga geral solta e contêineres, com área total do terminal de 26.696 m². Conta com um armazém e um pátio para contêineres com capacidade de 2.000 TEUs. Terminal conta com acesso terrestre para veículos rodoviários de carga. Berço compartilhado com os terminais SSZ 25 e SSZ 25E. O alinhamento do cais corrido estende-se por 293 m, com sentido oeste (O). Não há detalhes sobre equipamentos e o processo do embarque de contêineres.
- SSZ 25 – Hidrovias do Brasil - Administração Portuária Santos: Opera com a importação de grânéis sólidos, tais como fertilizantes e insumos para confecção dos mesmos. Terminal totaliza uma área de 29.278 m², contendo 3 armazéns horizontais, com capacidade de 140.000 t. Não conta com acesso direto a linha do cais, estando localizado aos fundos do armazém e pátio de contêineres do SSZ 25I. Esse fator pode acarretar possível proteção a rajadas críticas de ventos. Compartilha a utilização dos berços em frente ao terminal SSZ 25I. O sentido do terminal também é oeste (O). Apresenta acesso rodoviário e ferroviário para expedição do material importado.
- SSZ 25E – Marimex Despachos, Transportes e Serviços: Terminal opera com carga geral unitizada em contêineres. A capacidade do terminal é de 9.732 TEUs. Possui 3 armazéns horizontais sem estimativa de área. A área total do terminal é de 95.544 m². Não está localizado em frente ao cais.
- SSZ 27 – Teaçu 3 - Companhia Auxiliar de Armazéns Gerais: Terminal opera com a exportação de açúcar a granel. Terminal totaliza área operacional de 50.392 m², contendo 3 armazéns horizontais, com capacidade estática de 300.000 t. A acostagem dos navios é realizada via um berço em cais corrido de aproximadamente 257 m, com sentido de alinhamento a oeste (O). Há acesso por modos rodoviário e ferroviário.
- SSZ 29 – Elevações Portuárias: O terminal possui uma área total de 118.434 m², contendo 11 armazéns horizontais e capacidade total de 477.000 t. Opera com a exportação de grânéis vegetais, como soja, milho e açúcar. A acostagem conta com dois berços em cais corrido, com extensão estimada em 500 m. Constam instalados 3 shiploaders para embarque de grânéis. Os acessos terrestres para recebimento das cargas são por modos ferroviários e rodoviários. O alinhamento do cais e armazéns encontra-se na face oeste (O).

MARGEM DIREITA – PAQUETA

- SSZ 31I – Suzano: O terminal tem como competência operacional exportar celulose em fardos ou bobinas. A área total do terminal é 16.020 m², contendo 1 armazém de 19.000 t. O cais corrido conta com 220 m de extensão com face oeste (O). Acessos terrestres realizados por modos rodoviário e ferroviário.
- SSZ 31 – Rodrimar Terminais Portuários e Armazéns Gerais: Terminal opera com cargas granel mineral, para fabricação de fertilizantes ou o fertilizante pronto propriamente dito. Os acessos são por caminhões e comboios ferroviários. O terminal possui uma área total de 18.296 m², contendo dois armazéns horizontais com capacidade total de 52.000 t. Não está localizado em frente ao cais.
- SSZ 31E – Rishis Empreendimentos e Participações: Terminal também opera neogranéis de celulose, para exportação. Não se encontra diretamente no alinhamento do cais. Possui uma área total de 11.178 m², com um armazém de capacidade 30.000 t, com acesso rodoviário e ferroviário para o recebimento da carga.
- SSZ 33 – Terminal 12A: Realiza exportação de soja, milho e farelos. Terminal resume-se a um armazém com capacidade de 90.000 t, instalado em uma área operacional de 9.686 m². A acostagem é em cais corrido de 267 m, possuindo 2 shiploaders para embarque. A face do cais é oeste (O). Há acesso rodoviário e ferroviário ao terminal.
- SSZ 33 – Cereal Sul Terminal Marítimo: O sistema de armazenagem é formado por três silos verticais graneleiros, com capacidade total de 36.000 t. A operação ocorre em um terminal de 4.166 m², com acesso rodoferroviário para recebimento de soja, milho e farelos. O terminal não está na linha do cais, porém os silos são mais altos que o armazém localizado entre o cais e parte do armazém do SSZ 31I. Estrutura encontra-se alinhada ao canal no sentido oeste (O).

Os terminais apontados na margem direita (Outerinhos e Paquetá) podem ser visualizados pela Figura 14.

Figura 14: Margem Direita – Outerinhos e Paquetá

Fonte: Google Earth com edição própria.

MARGEM DIREITA – SABOO / VALONGO

- SSZ 35 – TECON Ecoporto Santos: O terminal é especializado em processar carga geral unitizada em contêineres. Com área operacional de 136.444 m², possui 4 armazéns de apoio operacional e 3 pátios para contêineres totalizando uma capacidade de 7.750 TEUs. O perímetro molhado do terminal é de 952 m, sendo 705 m de extensão em cais operacional (em V, com 4 berços) e 247 m de término de aterro, divisa com o antigo cais do 1 ao 10. Os sentidos dessas faces são: (a) no cais operacional, tem-se 315 m no sentido sudeste (SE), 191 m no sentido sudoeste (SO) e 150 m no sentido sul (S). O alinhamento de 247m lindeiro ao cais desativado tem sentido oeste (O). O terminal apresenta portainers, guindaste-pórtico sob rodas, guindastes convencionais e equipamentos de apoio em solo, como reachstackers e empilhadeiras. Terminal somente recebe contêineres via modo rodoviário.

MARGEM DIREITA – SABOO

- SSZ 35.1 – Set Port Logistics: Terminal com 21.000 m² com operações de carga geral e granéis no fluxo de importação. O desembarque dos granéis é com trans-

- ferência direta a caminhões, com o uso de tremonhas. Caracteriza-se como pátio para “cargas de projeto”, sendo assim não há benfeitorias com volume arquitetônico. O cais corrido, com um berço, mede 158 m e posiciona-se no sentido sul (S).
- SSZ 35.2 – Santos Brasil Participações: Com área total de 42.000 m², predomina a configuração de pátio, sem a presença de edificações de armazenagem. Contém guindastes e gruas para manuseio de “cargas de projeto”. Face frontal do cais consta com 186 m, também no sentido sul (S).
 - SSZ 35.3 – TECON Brasil Terminal Portuário: Área total do terminal com 19.000 m², também se caracteriza como pátio para operação de cargas de grande volume. Linha de cais com face sul (S) e 196 m de extensão.
 - SSZ 37 – TERMARES Terminais Marítimos Especializados: Terminal de carga geral com 40.459 m² especializado em movimentação de carga geral unitizada em contêineres. Terminal conta com três armazéns e 2 pátios com capacidade total de 1.911 TEUs. Utiliza-se dos berços do SSZ 35.2 e SSZ 35.3.
 - SSZ 39 – Deicmar Armazenagem e Distribuição: Opera com carga geral para exportação e importação em área total de 116.369 m². Apresenta 1 armazém e 2 pátios para contêineres com capacidade de 1.413 TEUs. Utiliza-se dos berços do SSZ 35.2 e SSZ 35.3.

Os terminais apontados na margem direita (Valongo e Saboó) podem ser visualizados pela Figura 15.

Figura 15: Margem Direita – Valongo e Saboó



Fonte: Google Earth com edição própria.

MARGEM DIREITA – ALEMOA

- SSZ 41 – TECON Brasil Terminal Portuário: Terminal de carga geral unitizada em contêineres com área total de 342.020 m² e capacidade de 34.600 TEUs. Além do pátio, possui 1 armazém para atividades operacionais de apoio. Possui portainers e equipamentos de apoio de pátio e empilhamento de contêineres. O cais conta com 1.104 m com face alinhada ao sul (S).
- SSZ 47-49 – Petrobrás Transporte: Terminal de granéis líquidos, derivados de petróleo, combustíveis e solventes. Área total do terminal é de 255.569 m². A acostagem é realizada por um píer em T, com uma ponte de acesso de 282 m e extensão entre extremidade do píer com 795 m. Processa o abastecimento das balsas/batelões de reabastecimento de navios (2 berços) e navios oceânicos de longo curso e cabotagem (4 berços). O sistema de armazenagem consta com 27 tanques com capacidade total de 346.136 m³. O alinhamento da face o píer e terminal é sentido sul (S).

Os terminais apontados na margem direita (Alemoa) podem ser visualizados pela Figura 16.

Figura 16: Margem Direita – Alemoa



Fonte: Google Earth, com edição própria.

MARGEM ESQUERDA – CONCEIÇÃOZINHA

- SSZ 08 - TEG Terminal Exportador do Guarujá: Terminal de exportação de granéis agrícolas, tais como, soja, milho e farelo. Com área total de 48.201 m², consta com 2 armazéns horizontal com capacidade de 90.000 t. O sistema de acostagem é um píer Alinhamento do em L com 164 m de extensão e ponte de acesso com 105 m. Possui shiploader para carregamento contínuo dos granéis. O alinhamento do píer é face leste (L). Há acesso rodoviário e ferroviário.
- SSZ 10 - TEAG Terminal Exportador de Açúcar do Guarujá: Terminal especializado em embarque de açúcar a granel com área total de 74.206 m², contendo 2 armazéns horizontais com capacidade estática de 110.000 t. Acostagem em píer L com extensão de 170 m. Há acesso rodoviário e ferroviário. Face do píer alinhada à leste (L).
- SSZ 12 - TERMAG Terminal Marítimo do Guarujá: Terminal de importação de insumos para fertilizantes com área total de 158.000 m². Conta com 3 armazéns e 1 pátio para enxofre, totalizando capacidade de 265.000 t. Apresenta recebimento de carga por modos rodoviário e ferroviário. Infraestrutura de acostagem em píer L com 216 m, alinhado à leste (L)
- SSZ 14 - TGG Terminal de Granéis do Guarujá: 340.000 m² de área operacional para exportação de grãos e farelos, contendo 2 armazéns com capacidade de 216.000 t. Acostagem em píer T com 180 m. Recebimento de grãos via trens e caminhões. Também alinhado à leste (L).

MARGEM ESQUERDA – GUARUJÁ

- SSZ 16 - TECON Santos Brasil: terminal de carga geral em contêineres, contendo 2 armazéns de apoio operacional e 1 pátio de 48.000 TEUs. Terminal com área total de 608.762 m², contém cais corrido com três berços com extensão aproximada de 1.005 m, equipadas de portainers. O alinhamento do cais é nordeste (NE). Possui somente acesso rodoviário para recebimento de contêineres.
- SSZ 16E - TECON Frigoríficos - Localfrio: terminal de carga frigorífica, com operação de cross docking e estufagem de contêineres, contendo 4 armazéns e 1 pátio com capacidade de 5.316 TEUs. Terminal remoto à linha do cais. O alinhamento do cais é nordeste (NE). Possui somente acesso rodoviário para recebimento de contêineres.
- SSZ 18 - TECAR Terminal de Veículos de Santos: terminal de neogranéis roll-on/roll-off de veículos, com área operacional total de 164.961 m², sendo o pátio com capacidade de 10.900 vagas. Possui somente acesso rodoviário. Acostagem em cais corrido com 300 m de extensão. Também alinhado à nordeste (NE). Os terminais apontados na margem esquerda (Conceiçãozinha e Guarujá) podem ser visualizados pela Figura 17.

Figura 17: Margem Esquerda – Conceiçãozinha e Guarujá

Fonte: Google Earth, com edição própria.

MARGEM ESQUERDA – ILHA BARNABÉ

- SSZ 24 – Adonai East Terminal de Líquidos: Terminal de granéis líquidos químicos, contendo 66 tanques e capacidade estática de 47.487 m³. Conecta-se ao cais vizinho a SSZ 28 e ao píer SSZ 30. Acesso intermodal somente com o transporte rodoviário.
- SSZ 26 – Ageo Leste Terminais e Armazéns Gerais: Terminais de granéis líquidos químicos com 99 tanques e capacidade de 100.612 m³. Conecta-se ao cais vizinho a SSZ 28 e ao píer SSZ 30. Acesso intermodal somente com o transporte rodoviário.
- SSZ 28 – Adonai Química: Terminais de granéis líquidos químicos com 72 tanques e capacidade de 92.000 m³. Conectado ao cais corrido com dois berços, com extensão total de 300 m. Alinhamento do cais é nordeste (NE). Acesso intermodal somente com o transporte rodoviário.
- SSZ 30 – Ageo Terminais e Armazéns Gerais: Terminais de granéis líquidos químicos com 123 tanques, totalizando a capacidade de 256.120 m³. Conecta-se também ao cais vizinho a SSZ 28. A acostagem próxima é um píer em T com 130 m, tendo o mesmo alinhamento do cais corrido.
- SSZ 32 – Ageo Norte Terminais e Armazéns Gerais: Terminais de granéis líquidos químicos com 48 tanques, tendo 153.615 m³ de capacidade total. Conecta-se ao cais vizinho a SSZ 28 e ao píer SSZ 30.

Os terminais apontados na margem esquerda (Ilha Barnabé) podem ser visualizados pela Figura 18.

Figura 18: Margem Esquerda – Ilha Barnabé



Fonte: Google Earth, com edição própria

Outras infraestruturas importantes ao Porto são:

- **Canal de Acesso:** O acesso às distintas margens e terminais portuários é realizado pelo Canal de Acesso (Figura 20). Configurando-se por elemento geométrico longilíneo, com seção padrão trapezoidal constando de três dimensões básicas: (a) a primeira é a profundidade do canal, definida por elementos geométricos da embarcação e perturbações ambientais, sendo elas, calado da embarcação, pé-de-piloto, oscilação de marés principalmente na baixa mar, ondas de projeto, camada de sedimentação marítima e estuarina e um coeficiente de segurança; (b) o segundo elemento geométrico refere-se aos ângulos do trapézio, que define-se em relação ao comportamento geotécnico do tipo de solo do fundo do canal; (c) a terceira dimensão geométrica refere-se à largura do canal, sendo ela monodirecional (uma embarcação circulando por sentido, tendo a necessidade de regulação de passagem) ou bidirecional (duas embarcações podem circular em fluxos opostos). Essa dimensão considera a largura da embarcação o afastamento entre o término do talude e um notório coeficiente de segurança entre as embarcações, considerando fatores de ondas, fatores de controle direcional relativos aos efeitos de ondas e ventos. Nos trechos em curvas no canal, também se considera elementos de sobrelargura. O Porto de Santos possui extensão de 24.600 m, largura média de calha de 220 m e profundidade de projeto de 15 m. Provém acesso

a ambas as margens do sistema portuário. É segmentado em quatro trechos, conforme observado na Tabela 16. O canal tem característica física para canais bidirecionais, porém, conforme condições climáticas e de vento, tanto a Praticagem e a Capitania dos Portos podem regulamentar o tráfego na barra para fluxo monodirecional, somente para entrada ou saída. A única exceção para tráfego monodirecional, tanto de entrada como saída, refere-se a embarcações de cargas inflamáveis e com risco de explosão. Não é permitida nenhuma movimentação ou manobra de outras categorias de embarcações quanto a Praticagem e a Capitania dos Portos permitem trânsito de embarcações GLP, GNL e combustíveis. A conformação dos canais é afetada pelos processos de sedimentação marinha e fluvial perdendo assim o padrão trapezoidal da sessão. Esse problema não somente é encontrado nos canais de acesso, mas também nos berços de atracação em cais corridos e píeres. A perda da profundidade acarreta a quebra da capacidade efetiva de embarque das cargas nos porões dos navios, acarretando na quebra de estiva dos navios. A correção desse problema é a realização corriqueira dos serviços de dragagem do canal de acesso, retornando assim a conformação da sessão tipo do canal. Não vinculado ao complexo portuário do Porto de Santos, mas sendo usuário do canal de acesso são as unidades de processamento da Usiminas e a VLI Tiplan em Cubatão (23°52'26.48"S, 46°22'32.14"O). Além disso, pelo canal ocorrem as travessias de ligação entre os municípios de Santos e Guarujá, com o sistema de Balsas da DERSA, via balsa para veículos, catamarãs para passageiros e lanchas nas rotas Santos – Guarujá (23°59'15.57"S, 46°17'29.93"O) e Santos – Vicente de Carvalho (23°56'23.04"S, 46°18'30.60"O). Também há a travessia de pequena capacidade, via catraias, entre a Praça Nagasaki (Vila Nova) – Vicente de Carvalho (23°56'26.02"S, 46°19'3.79"O).

- **Bacias de Evolução:** são áreas destinadas a manobras das embarcações, apresentando profundidade segura e adequação locacional para evitar conflitos de tráfego com outras embarcações. Constam também de uma conformação geométrica, padronizando assim a profundidade e os taludes do corte da dragagem. Há casos que a bacia de evolução é alocada em locais de profundidade natural da área portuária. No Porto de Santos são 4 bacias de evolução, com calado operacional de embarcações de 13,5m. Na Tabela 16 e Figura 20 estão descritos as características técnicas e o local das respectivas bacias.
- **Fundeadouros:** os fundeadouros do Porto de Santos estão todos localizados fora da área estuarina de Santos. A localização dos mesmos é possível na Figura 20. Conforme constatado na Carta Náutica, os fundeadouros encontram-se longe da linha da costa e contam com profundidade batimétrica natural, com possíveis reduções de profundidade relativos a processos sedimentares fluviais e marítimos inexistentes ou factíveis a longuíssimo prazo.
- **Sinalização náutica:** O Porto de Santos conta com sistema homologado de sinalização náutica para identificar o canal principal. Consta também um conjunto de faróis e boias luminosas para a aptidão ao tráfego noturno, identificando assim os canais, os pontos de risco eminente de choque e a referência ao continente e terminais (como demonstrado na Figura 21).

Tabela 16: Descrição técnica do canal de acesso

Trecho	Início	Término	Extensão (m)	Calado Operacional (m)	Profundidade de Projeto (m)
Trecho I	Barra	Entrepasto de Pesca / SSZ 01 ADM	11.794	13,5	15
Trecho II	Entrepasto de Pesca / SSZ 01 ADM	Torre Grande / SSZ 21 T-Grão	4.076	13,5	15
Trecho III	Torre Grande / SSZ 21 T-Grão	Armazém 06	4.115	13,5	15
Trecho IVa	Armazém 06	SSZ 41 BTP	3.234	13,5	15
Trecho IVb	SSZ 41 BTP	Terminal Alemoa / SSZ 47-49 Transpetro	1.381	12,7	15

Fonte: Santos Port Authority, 2020.

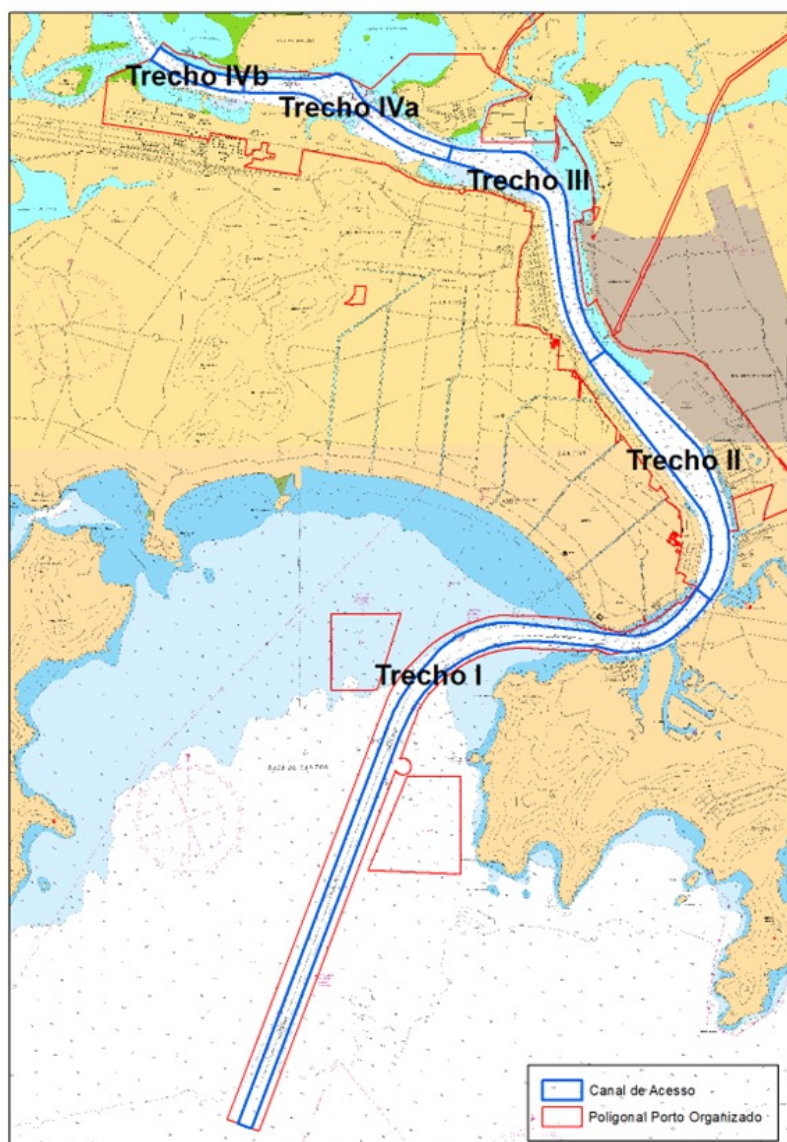


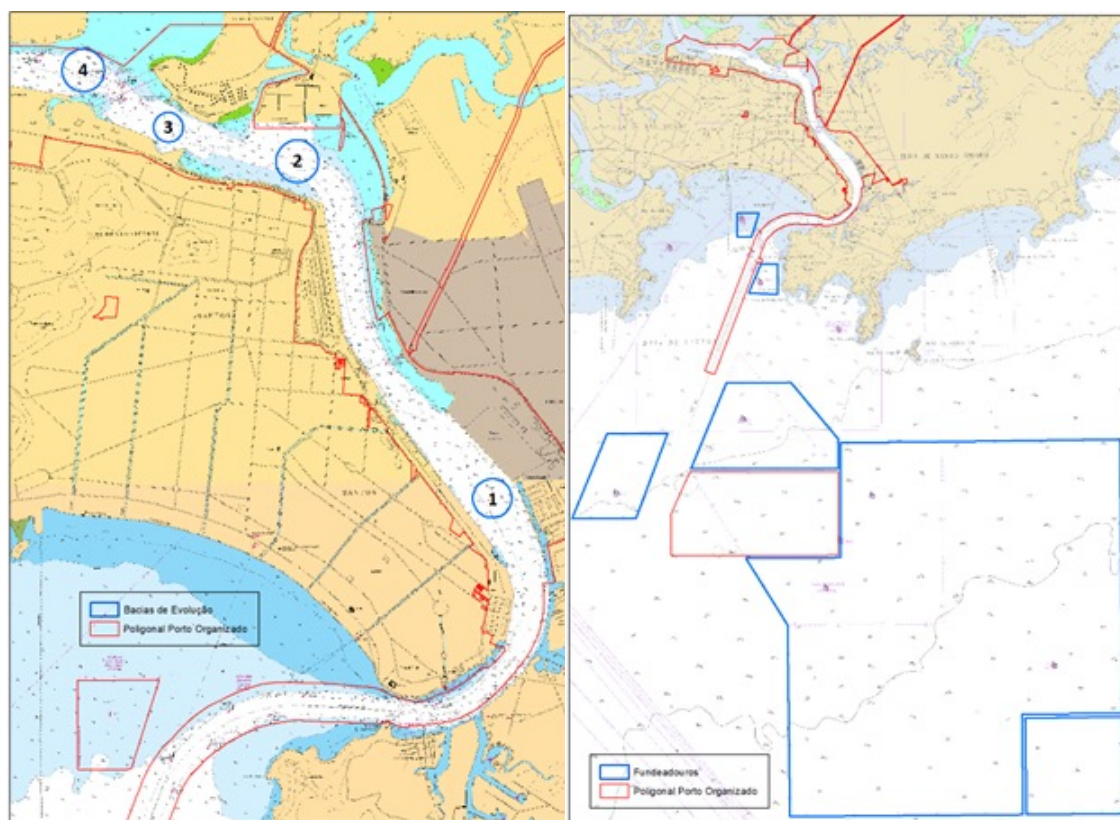
Figura 19: Carta Náutica e Zoneamento do porto de Santos

Fontes: Marinha do Brasil e PDZ Porto de Santos, 2020

Tabela 17: Descrição técnica das bacias de evolução

Bacia de Evolução	Localização	Dimensões Navio de Projeto
1	Em frente ao SSZ 16 TECON Santos Brasil / Conceiçãozinha	LOA : 340m / Calado : 13,5m
2	Em frente ao TUP TECON DP World / Ilha Barnabé	LOA : 340m / Calado : 13,5m
3	Em frente ao SSZ 35 TECON Ecoporto Santos / Saboó	LOA : 300m / Calado : 13,5m
4	Em frente ao SSZ 41 Brasil Terminal Portuário / Alemoa	LOA : 340m / Calado : 13,5m

Fonte: Elaboração própria, com base no PDZ Porto de Santos

Figura 20: Bacias de Evolução e Fundeadouros do Porto de Santos

Fontes: Marinha do Brasil e PDZ Porto de Santos, 2020

Figura 21: Sinalização náutica no canal do Porto de Santos com boias de boreste e bombordo



Fonte: Acervo próprio.

4.1.2. Histórico de impactos associados ao clima

O histórico de impactos associados ao clima busca responder às seguintes perguntas norteadoras:

- “Quais são os impactos (danos e prejuízos) que o porto tem sofrido devido aos eventos climáticos?” e
- “Quando ocorreram estes impactos?”

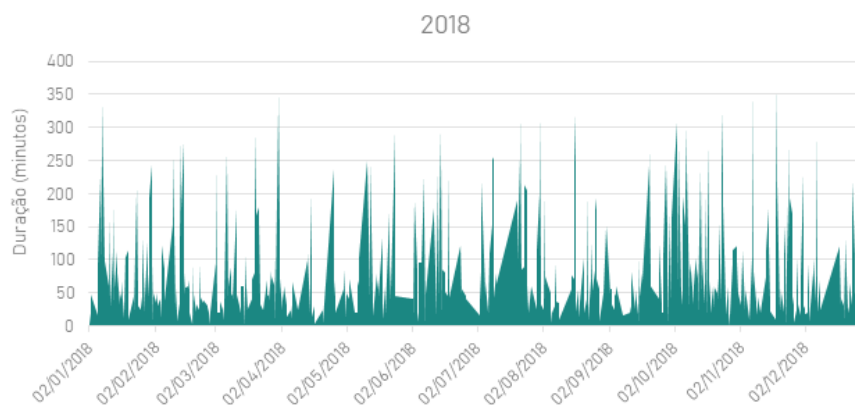
Para avaliar os impactos associados ao clima, realizou-se uma compilação de dados de paralisações ocorridas entre os anos de 2015 e 2020. No registro histórico encaminhado pelo porto não havia indicação do motivo de cada paralisação, de modo que foi necessário comparar a data de ocorrência de cada evento com a condição climática observada no dia. Importante mencionar também, que, dependendo do tipo de carga, como no caso dos graneis sólidos, as paralisações podem ser mais frequentes do que as registradas pela autoridade portuária, uma vez que uma chuva, mesmo que mínima, paralisa a operação devido às características do material.

Não foram avaliados dados de danos estruturais, uma vez que o porto não identificou registro de ocorrência. Alguns terminais citaram alguns danos, mas não souberam precisar a data de ocorrência ou os prejuízos associados.

Em relação aos dados históricos de paralisações anuais, realizou-se uma análise de tendência nas paralisações do Porto de Santos para os anos de 2018, 2019 e 2020. Os dados dos outros anos não foram utilizados uma vez que durante a análise, foi verificado que a base de dados era construída por meio de alguns registros inconsistentes que, muitas vezes, apresentaram um mesmo intervalo de duração para paralisações distintas. Para que esses dados não afetassem a consistência da correlação entre as condições climáticas e paralisações, foi feita uma filtragem e remoção dos pontos de dados com registros arbitrários.

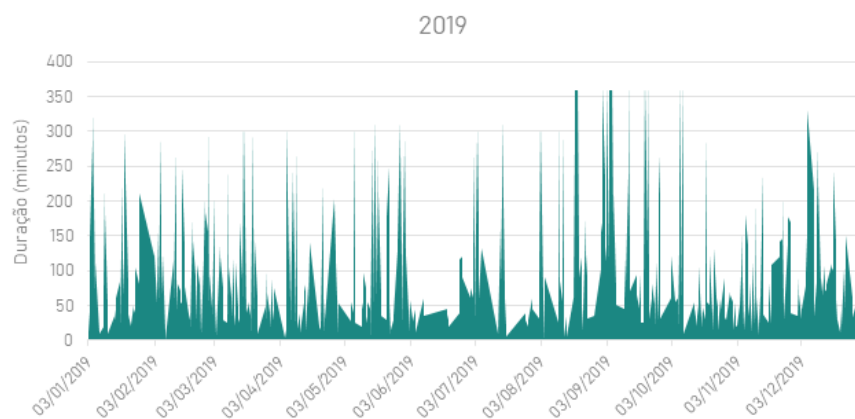
Avaliando os elementos gráficos das Figura 23, 24 e 25 nota-se que não há tendência estatística significativamente alta (> 90%) de aumento das paralisações em um mês específico. Entretanto, embora com nível de significância baixo (75%), nota-se uma ligeira tendência de aumento na duração dos eventos nos meses mais frios e nos meses mais chuvosos.

Figura 22: Histórico de paralisações para o ano de 2018



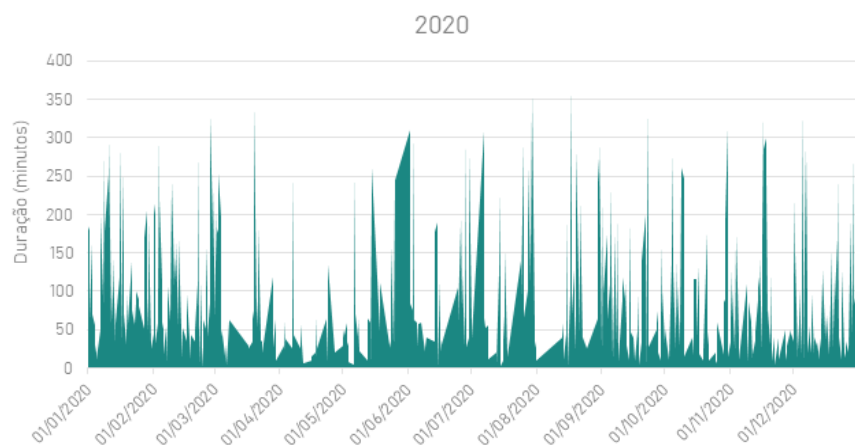
Fonte: Elaboração própria.

Figura 23: Histórico de paralisações para o ano de 2019



Fonte: Elaboração própria.

Figura 24: Histórico de paralisações para o ano de 2020



Fonte: Elaboração própria.

Após a análise dos dados de paralisação, foi realizada uma verificação minuciosa de variáveis climáticas que poderiam estar associadas aos dias de ocorrência de eventos severos (eventos com paralisação de duração igual ou superior a 24h). A Figura 26 apresenta o registro de paralisações acima de mais de um dia.

Além disso, essas paralisações possuem associabilidade com as seguintes variáveis climáticas que foram registradas pelas estações hidrometeorológicas destacadas anteriormente nos respectivos dias:

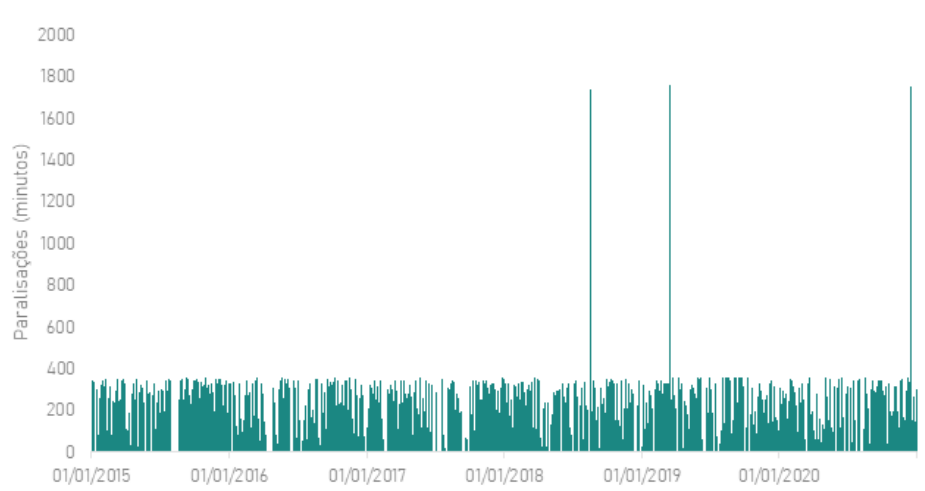
16/08/2018: Não há registro de chuva forte, entretanto, registrou-se fortes rajadas de vento e baixa nebulosidade.

15/03/2019: Novamente não há registro de chuva forte, entretanto, registrou-se fortes rajadas de vento e baixa nebulosidade.

15/12/2020: Há altos registros de chuva, com alta nebulosidade e fortes rajadas de vento, provavelmente ocasionando ressacas.

Desta forma, entende-se que “Fortes rajadas de vento” e a instabilidade atmosférica do momento têm um grande poder de causar paralisações severas no porto. Por outro lado, a paralisação do dia 15 de dezembro de 2020 permite inferir que a combinação das variáveis “Chuvas fortes” com consequente aumento de “Nebulosidade” e “Fortes rajadas de vento” tem maior chance de parar o porto por mais de 24 horas.

Figura 25: Distribuição temporal de paralisações



Fonte: Elaboração própria.

Em relação a busca de informações em portais de notícias sobre danos, os resultados da pesquisa apontaram, em sua totalidade, danos operacionais e estruturais, muitos deles associados às ameaças de ventos críticos, temporais e rajadas de ventos. Para maiores detalhes, a Tabela 18 apresenta os principais destaques reportados nas notícias e suas respectivas datas de ocorrência.

Tabela 18: Compilação de danos obtidos por pesquisa no Porto de Santos

Ameaça	Tipo de Dano	Danos	Data	Observação	Fonte
Temporal	Estrutural	Gate 04 que dá acesso ao cais de Saboó destruído; Estrutura da cobertura caiu sob a guarita; Controle de acesso de pessoas e veículos comprometido	16/02/2021	Em 2017, aconteceu um acidente semelhante, quando uma forte ventania destruiu o Gate 05. Veículos que estavam acessando o cais foram atingidos. Até realização dos reparos, o Gate ficou fechado por meses.	CARVALHAL, Carlos, 2021.
Ventos críticos e Rajadas de Ventos	Estrutural e Operacional	Navio colidiu e destruiu o píer de travessia de balsa; Danos às operações de travessia de pessoas (Travessia Santos-Guarujá interrompida por 1h20min); atingiu duas balsas paradas para manutenção; e destruiu um atracadouro de veículos.	22/06/2021	Não impactou as operações do Porto, nem a navegação. A rajada de ventos é uma hipótese	STEIL, Juliana, 2021.
Ventos críticos	Operacional	Ventos fortes afetam operações no Porto de Santos – Canal de navegação e travessia das balsas	14/08/2019	A reportagem relata que era esperado um risco de ressaca com ondas de até 3 m de altura. Frente fria foi a causa dos ventos fortes. Agosto - inverno costuma ter ventos fortes. Previsões de velocidade do vento 19,4 m/s que afeta travessia da balsa e pequenas embarcações.	SP no Ar, 2019.
Ressaca	Operacional	Paralisação de 30 horas no Porto de Santos	28/04/2016	A força das ondas impediu que o Porto de Santos funcionasse durante mais de 30 horas, por conta de uma medida de segurança. Nesta quinta-feira (28), porém, as operações começaram a ser normalizadas. Ondas de 4 metros e ventos 90km/h. Prejuízos estimados em 1 milhão de dólares.	Jornal da Record, 2016
Ventos críticos	Estrutural	Destruição de equipamentos – rompimentos das amarras	04/05/2009	A região foi atingida por fortes ventos, que chegaram a 19,4 m/s. Um navio que estava atracado teve suas amarras estouradas e colidiu com outro cargueiro.	Instituto de Engenharia, 2009 ; A Tribuna, 2009.

Fonte: Elaboração própria.

4.1.3. Identificação da relação entre ameaças climáticas e impactos observados

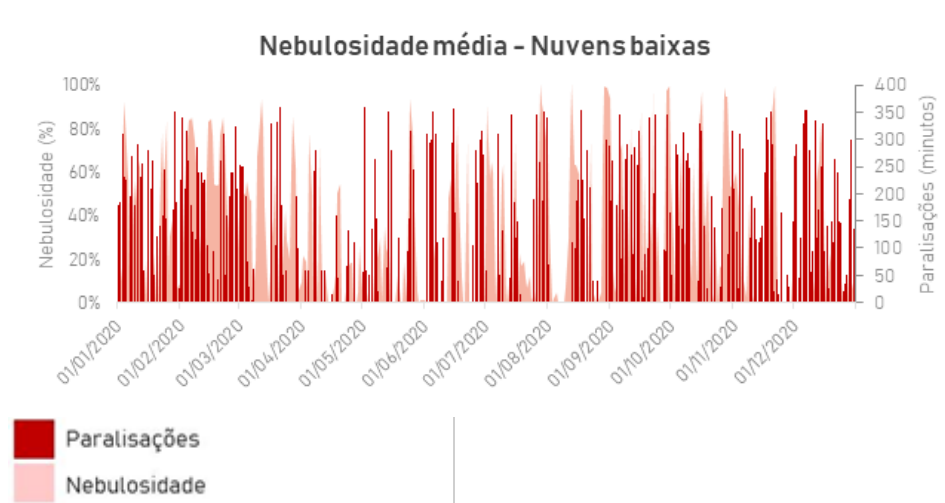
A identificação e priorização das ameaças climáticas busca responder à seguinte pergunta norteadora:

- “Quais foram as variáveis hidrometeorológicas e/ou oceanográficas que causaram o impacto?”

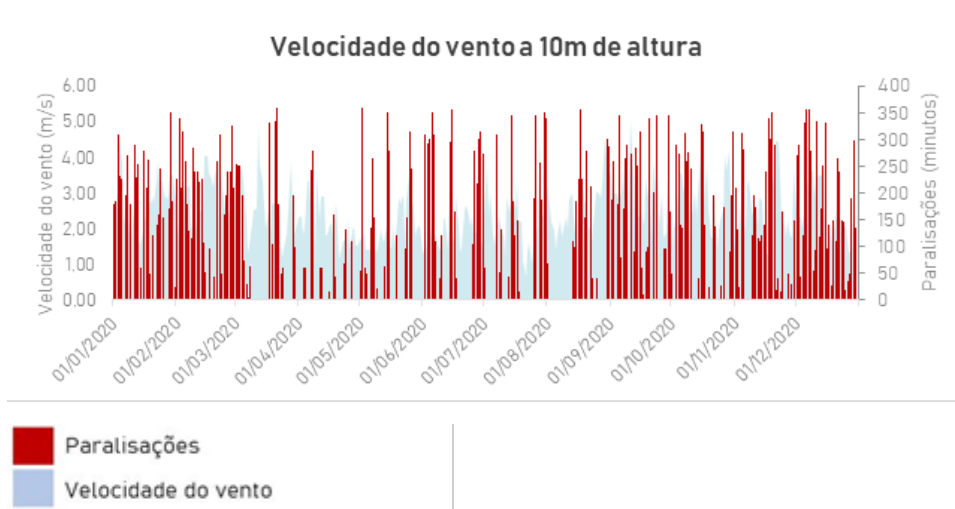
Os resultados desta primeira parte da análise correlativa foram apresentados pelas Figura 27, 28 e 29 e possuem as seguintes inferências para o Porto de Santos:

- A Nebulosidade média – Nuvens baixas é a variável que mais se mostrou estatisticamente correlacionada com o tempo de paralisação em 2020 (ρ de Spearman = 0.86), a maior correlação encontrada em toda a análise;
- A Velocidade do vento a 10m de altura também se mostrou altamente correlacionada, embora em intensidade menor quando comparada com a nebulosidade (ρ de Spearman = 0.66).
- A Precipitação demonstrou-se uma correlação fraca (ρ de Spearman = 0.27), embora isso possa mudar ao definir limiares para a investigação.

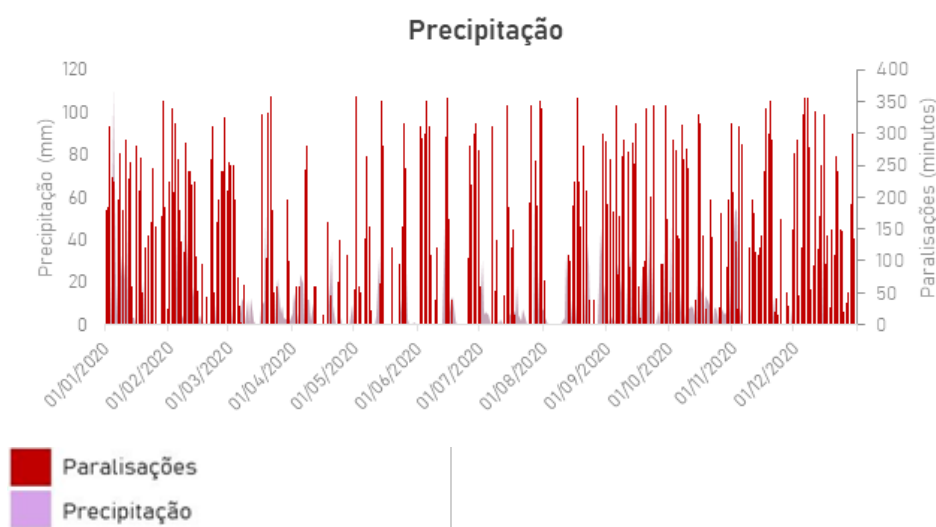
Figura 26: Correlação entre paralisações e nebulosidade para o ano de 2020



Fonte: Elaboração própria.

Figura 27: Correlação entre paralisações e velocidade do vento para o ano de 2020

Fonte: Elaboração própria.

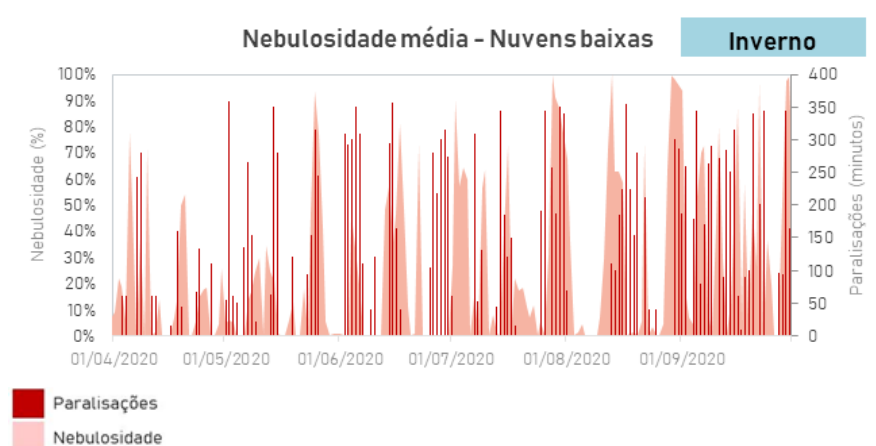
Figura 28: Correlação entre paralisações e nebulosidade para o ano de 2020

Fonte: Elaboração própria.

Além dessa análise anual, também foi feito um recorte mais aprofundado para períodos específicos, como o período chuvoso e o período de inverno. Dentro dessa análise, foi possível averiguar uma alta correlação entre os dados de precipitação e os eventos de paralisação durante o período chuvoso com um ρ de Spearman igual a 0,66 (Figura 32). Para o período específico de inverno, a nebulosidade foi a variável que alcançou a maior correlação da análise com um ρ de Spearman igual a 0,81 (Figura 30).

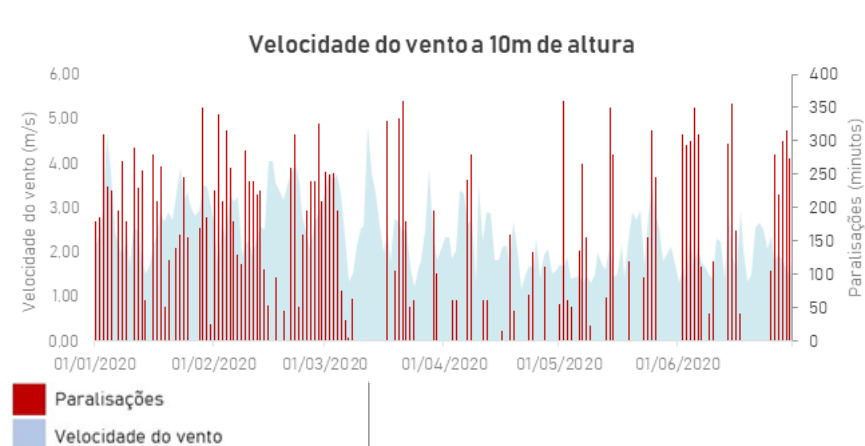
Adicionalmente, foi averiguado que a variável velocidade do vento possui um destaque de correlação entre variáveis para o primeiro semestre do ano de 2020 (ρ de Spearman = 0,77) e por isso foi feito também esse outro recorte. De todo modo, a variável velocidade do vento é altamente correlacionada em todos os períodos do ano (Figura 31).

Figura 29: Correlação entre paralisações e Nebulosidade média – Nuvens baixas para o período de Inverno do ano de 2020



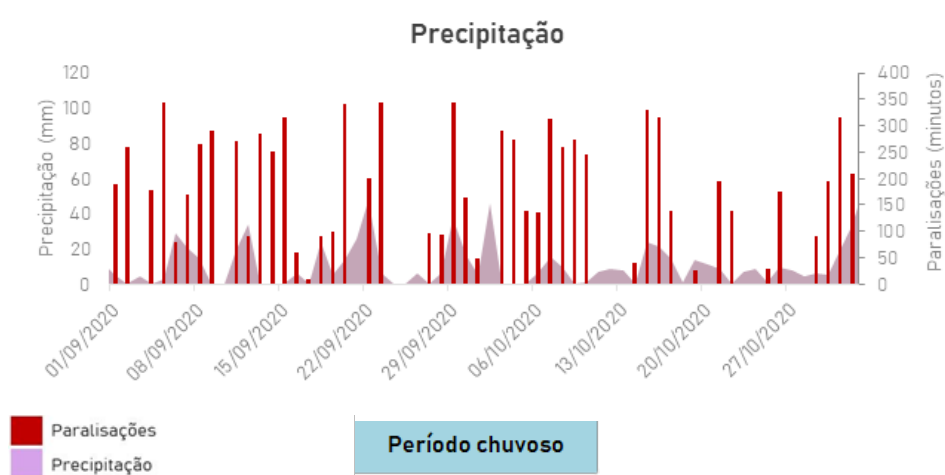
Fonte: Elaboração própria.

Figura 30: Correlação entre paralisações e Velocidade do vento a 10m de altura para o primeiro semestre de 2020



Fonte: Elaboração própria.

Figura 31: Correlação entre paralisações e Precipitação para setembro e outubro, período com início no



Fonte: Elaboração própria.

Não foram avaliadas as variáveis oceanográficas em função da inexistência de série histórica. Por isso, efeitos de correnteza, maré, altura de ondas não foram dimensionadas. Em conversas com atores-chave do porto, não foram indicadas grandes preocupações com ameaças ligadas a essas variáveis, com exceção de eventos de ressaca, que podem ser parcialmente respondidas através da combinação da variável chuva e velocidade dos ventos.

4.1.4. Cadeias de impacto

As cadeias de impacto, descritas a seguir, buscam responder à seguinte pergunta norteadora:

- “Qual é a relação de causa-efeito entre as ameaças climáticas e seus possíveis impactos?”.

As principais ameaças identificadas para o porto de Santos foram: vendavais, enchentes e inundação fluvial, ressaca, aumento do nível do mar e neblina. Na sequência são apresentadas as respectivas cadeias de impacto.

4.1.4.1. Vendavais

A alteração nos padrões de ventos, dada principalmente pela alteração da temperatura e outras variáveis relacionadas com as mudanças climáticas (Moser et al., 2018), podem implicar em ventos mais fortes para a região de Santos, podendo provocar uma série de impactos sobre a operação e danos estruturais ao porto.

Em condições de vento adversas, a capitania dos portos determina a paralização de tráfego do canal. Navios e equipamentos precisam ser ancorados para evitar que danos mais extensos sejam observados. Com isso, há também interrupção do processo de embarque e desembarque das cargas nos navios, o que leva a prejuízos econômicos para os terminais privados, arrendados e públicos.

Os ventos podem trazer ondas mais altas e com mais energia à costa e elas podem provocar danos estruturais ao porto, principalmente à acostagem. Isso pode acabar exigindo manutenções mais frequentes, que geram custos maiores à operação dos terminais.

Em geral, a quantidade e tipo de infraestrutura e de equipamentos são fatores de exposição dos portos, uma vez que podem ser afetados por um vendaval em função do seu limite de trabalho a determinadas velocidades de vento. Equipamentos mais modernos conseguem resistir e trabalhar mesmo sob condição de vento, sendo respeitados regras e protocolos de segurança laborais. O sistema de ancoragem de equipamentos mais modernos também evita que eles entrem em colapso ou gerem danos mais severos a outras estruturas. Determinadas cargas processadas no desembarque, com características pulverulentas, tais como alguns fertilizantes agrícolas, gipsita, calcário podem apresentar sensibilidade na operação dos guindastes grabs em função da formação de poeira em suspensão, danosa para a segurança dos funcionários, equipe de apoio e operação do equipamento de desembarque.

O tipo de cadeia logística também é um fator de exposição, uma vez que pode ser paralisada em função de ventos muito fortes, mesmo que não seja na região do porto. Com isso, o

escoamento das importações ou o transporte do produto a ser exportado, não chegam até o terminal na mesma velocidade em que o terminal trabalha e isso pode gerar interrupção no embarque/desembarque de carga nos navios.

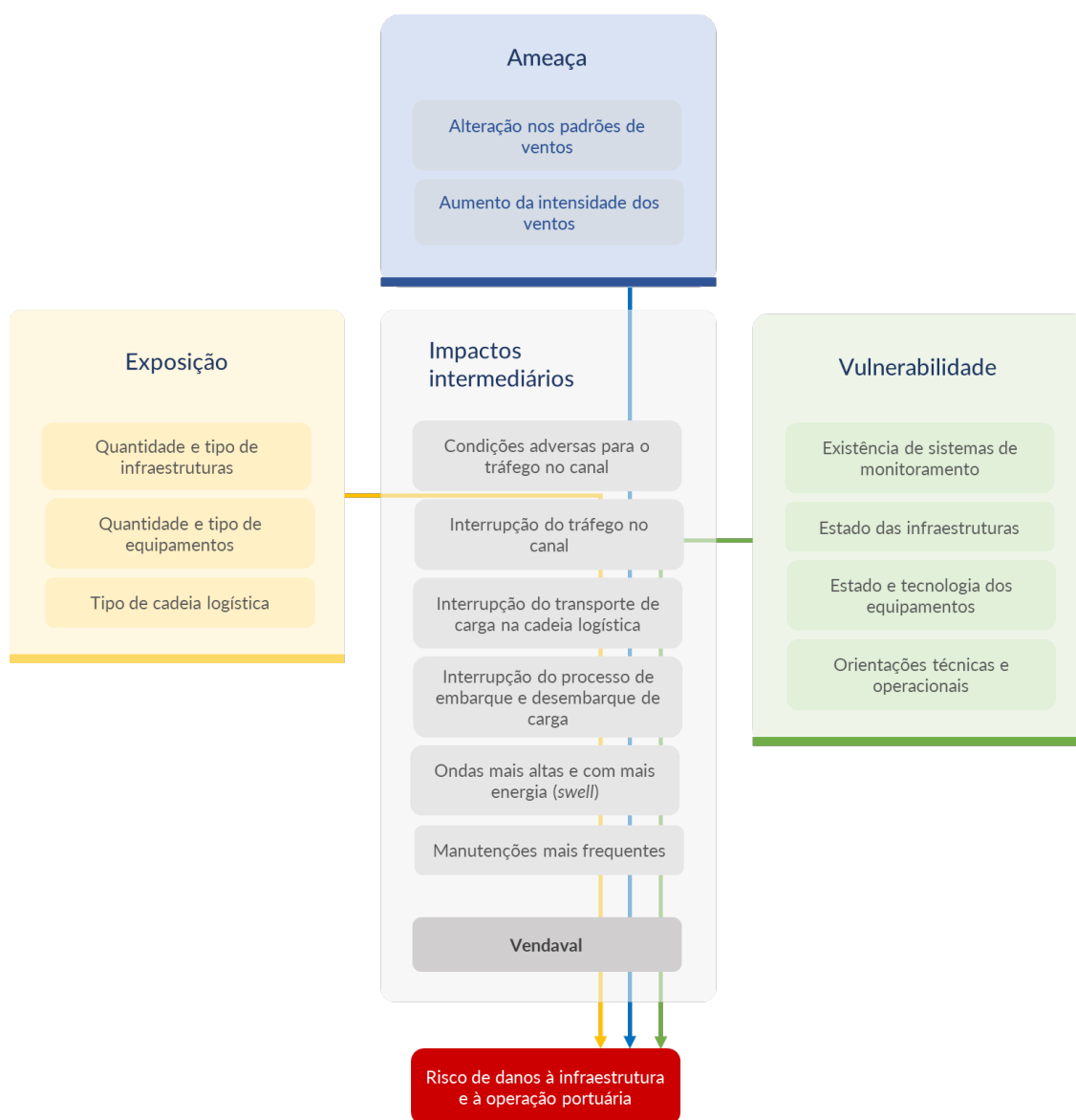
Vale enfatizar aqui, que embarcações contam com diferentes portes, pesos e capacidades de carga. Esses fatores são definidos nos aspectos geométricos e construtivos das embarcações, tais como, deslocamento (displacement), comprimento total (LOA: length overall), boca e calado. Assim, uma determinada ocorrência de vendaval com uma intensidade pode ser impeditiva para embarcações menores, e não restritiva a embarcações de maior porte.

A existência de sistemas de monitoramento é um importante fator de sensibilidade. Terminais que possuem meteorologia dedicada podem planejar toda a sua cadeia logística em função de um evento climático extremo que esteja previsto. Adicionalmente, as orientações técnicas e operacionais, principalmente relacionadas à paralisação do tráfego no canal e das operações dos terminais, podem garantir maior segurança às operações.

O estado das infraestruturas e dos equipamentos também é um fator fundamental de sensibilidade. Estruturas mais antigas, com problemas estruturais, podem não suportar velocidades de vento que estruturas modernas suportam e podem sofrer impactos que levam a perdas econômicas.

Segundo informações dos atores-chaves do porto, os vendavais podem causar destelhamentos de terminais, galpões, áreas administrativas, queda de contêineres e paralisação da operação, dada as restrições de segurança.

Os impactos e fatores de exposição e vulnerabilidade são apresentados na Figura 32. Embora tenha sido construída com base na literatura, as considerações obtidas durante a visita técnica indicam que a cadeia de impactos representa um retrato fidedigno da realidade do porto.

Figura 32: Cadeia de impacto para vendavais em função da alteração nos padrões de ventos

Fonte: Elaboração própria.

4.1.4.2. Enchentes e inundação fluvial

Chuvas mais intensas podem causar uma série de impactos às infraestruturas portuárias e, em casos extremos, até mesmo interromper a operação. Em geral, na operação de grânéis sólidos, quando há chuva, mesmo que pequena, há interrupção da operação em função da característica da carga (fator de exposição), mas observa-se que a chuva, principalmente quando acompanhada de ventos, pode gerar impactos estruturantes a algumas infraestruturas. Os impactos e fatores de exposição e vulnerabilidade são apresentados na Figura 34. Embora tenha sido construída com base na literatura, as considerações obtidas durante a visita técnica indicam que a cadeia de impactos representa um retrato fidedigno da realidade do porto.

Em Santos, além das paralisações, as tempestades causam aporte de areia, que causa assorea-

mento do canal de navegação do porto (MAGINI et al., 2007), reduzindo o calado de navegação e desconformação geométrica. Isso gera a necessidade de dragagens constantes, que causam impactos econômicos à operação do porto. É importante enfatizar as contribuições de vazões pluviais de escoamento superficial nas sub-bacias dos tributários, a montante do complexo portuário, que agregam vazão e sedimentos ao talvegue principal, onde encontra-se o canal de acesso, podendo em condições críticas, ocasionar inundações fluviais.

No caso do Porto de Santos as inundações e enchentes são decorrentes diretamente de chuvas intensas, não sendo constatado barramentos fluviais a montante do complexo portuário que pudessem causar algum dano devido a colapso.

Chuvas intensas, e consequentemente as inundações e enchentes, podem provocar tanto interrupções no tráfego do canal de acesso quanto na cadeia logística e no processo de embarque e desembarque de carga, especialmente se a carga for do tipo granel sólido, que não pode operar com umidade.

A quantidade e tipo de infraestrutura e equipamentos são fatores de exposição dos portos, uma vez que podem ser afetados mais ou menos por chuvas muito intensas. Especialmente quando acompanhada de ventos, elas podem causar destelhamento, colapso de estruturas e impedir o trânsito de máquinas e pessoas.

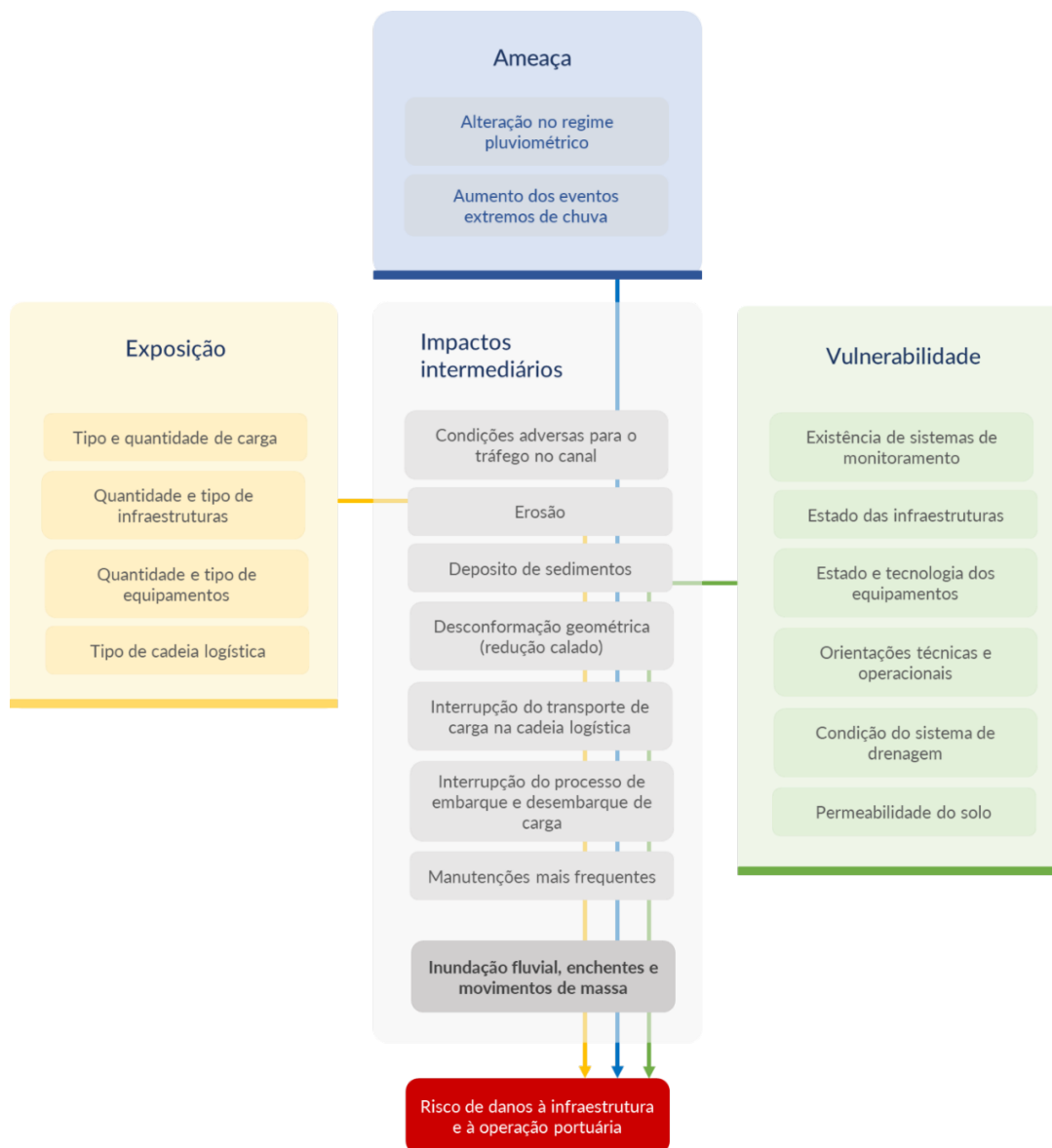
O tipo de cadeia logística também é um fator de exposição, uma vez que pode ser paralisada em função de chuvas muito fortes, mesmo que não seja na região do porto. Inundações do sistema viário ou da via férrea podem afetar a acessibilidade terrestre dos terminais, comprometendo a recepção ou a expedição de cargas marítimas. Com isso, o escoamento das importações ou o transporte do produto a ser exportado, não chega até o terminal na mesma taxa de processamento em que o terminal trabalha e isso pode gerar interrupção no embarque/desembarque de carga nos navios.

A existência de sistemas de monitoramento é um importante fator de vulnerabilidade (ligada à capacidade adaptativa). Terminais que possuem meteorologia dedicada podem planejar toda a sua cadeia logística em função de um evento climático extremo que esteja previsto. Adicionalmente, as orientações técnicas e operacionais, principalmente relacionadas à paralisação do tráfego no canal e das operações dos terminais, podem garantir maior segurança às operações.

O estado das infraestruturas e dos equipamentos também é um fator fundamental de sensibilidade. Estruturas mais antigas, com problemas estruturais, podem não suportar chuvas fortes, principalmente aquelas acompanhadas de vento.

Por fim, a permeabilidade do solo da região do porto e as condições de drenagem podem reduzir o escoamento superficial, criando áreas inundáveis, que impedem a passagem de pessoas e máquinas e podem chegar a submergir parcialmente equipamentos importantes para a operação.

Figura 33: Cadeia de impacto para enchentes e inundação fluvial em decorrência de alterações nos regimes pluviométricos



Fonte: Elaboração própria.

4.1.4.3. Tempestades

Segundo a Administração Oceânica e Atmosférica Nacional dos Estados Unidos (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2022), três ingredientes básicos são necessários para a formação de uma tempestade: umidade, ar instável ascendente e um mecanismo de elevação para fornecer este "empurrão". Com a formação das correntes de convecção pelo aumento da temperatura da superfície, o ar quente que ascende e chega nas partes mais altas da atmosfera, se condensa, precipita e forma uma instabilidade entre partículas de gelo, que acabam por gerar raios, um dos principais elementos das tempestades.

As tempestades ou ciclones tropicais podem danificar estruturas terminais não reforçadas,

como armazéns metálicos leves, grandes superfícies e outros equipamentos portuários (INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION, 2011). Além disso, podem causar, em casos extremos, até mesmo a interrupção das operações.

Em geral, na operação de graneis sólidos, quando há chuva, mesmo que pequena, há interrupção da operação em função da característica da carga (fator de exposição), mas observa-se que a chuva, principalmente quando acompanhada de ventos, pode gerar impactos estruturantes a algumas infraestruturas. Os impactos e fatores de exposição e vulnerabilidade são apresentados na Figura 35. Embora tenha sido construída com base na literatura, as considerações obtidas durante a visita técnica indicam que a cadeia de impactos representa um retrato fidedigno da realidade do porto.

Em Santos, além das paralisações, as tempestades causam aporte de areia, que causa assoreamento do canal de navegação do porto (MAGINI, et. al, 2007), reduzindo o calado de navegação e desconformação geométrica. Isso gera a necessidade de dragagens constantes, que causam impactos econômicos à operação do porto. É importante enfatizar as contribuições de vazões pluviais de escoamento superficial nas sub-bacias dos tributários, a montante do complexo portuário, que agregam vazão e sedimentos ao talvegue principal, onde encontra-se o canal de acesso, podendo em condições críticas, ocasionar inundações fluviais.

Adicionalmente, as descargas elétricas das tempestades podem causar incêndios quando raios atingem algumas estruturas, principalmente quando não estão protegidas por para-raios.

No caso do Porto de Santos as inundações e enchentes são decorrentes diretamente de chuvas intensas, não sendo constatado barramentos fluviais a montante do complexo portuário que pudessem causar algum dano devido a colapso.

Chuvas intensas, e consequentemente as inundações e enchentes, podem provocar tanto interrupções no tráfego do canal de acesso quanto na cadeia logística e no processo de embarque e desembarque de carga, especialmente se a carga for do tipo granel sólido, que não pode operar com umidade.

A quantidade e tipo de infraestrutura e equipamentos são fatores de exposição dos portos, uma vez que podem ser afetados mais ou menos por chuvas muito intensas. Especialmente quando acompanhada de ventos, elas podem causar destelhamento, colapso de estruturas e impedir o trânsito de máquinas e pessoas.

O tipo de cadeia logística também é um fator de exposição, uma vez que pode ser paralisada em função de chuvas muito fortes, mesmo que não seja na região do porto. Inundações do sistema viário ou da via férrea podem afetar a acessibilidade terrestre dos terminais, comprometendo a recepção ou a expedição de cargas marítimas. Com isso, o escoamento das importações ou o transporte do produto a ser exportado, não chega até o terminal na mesma taxa de processamento em que o terminal trabalha e isso pode gerar interrupção no embarque/desembarque de carga nos navios.

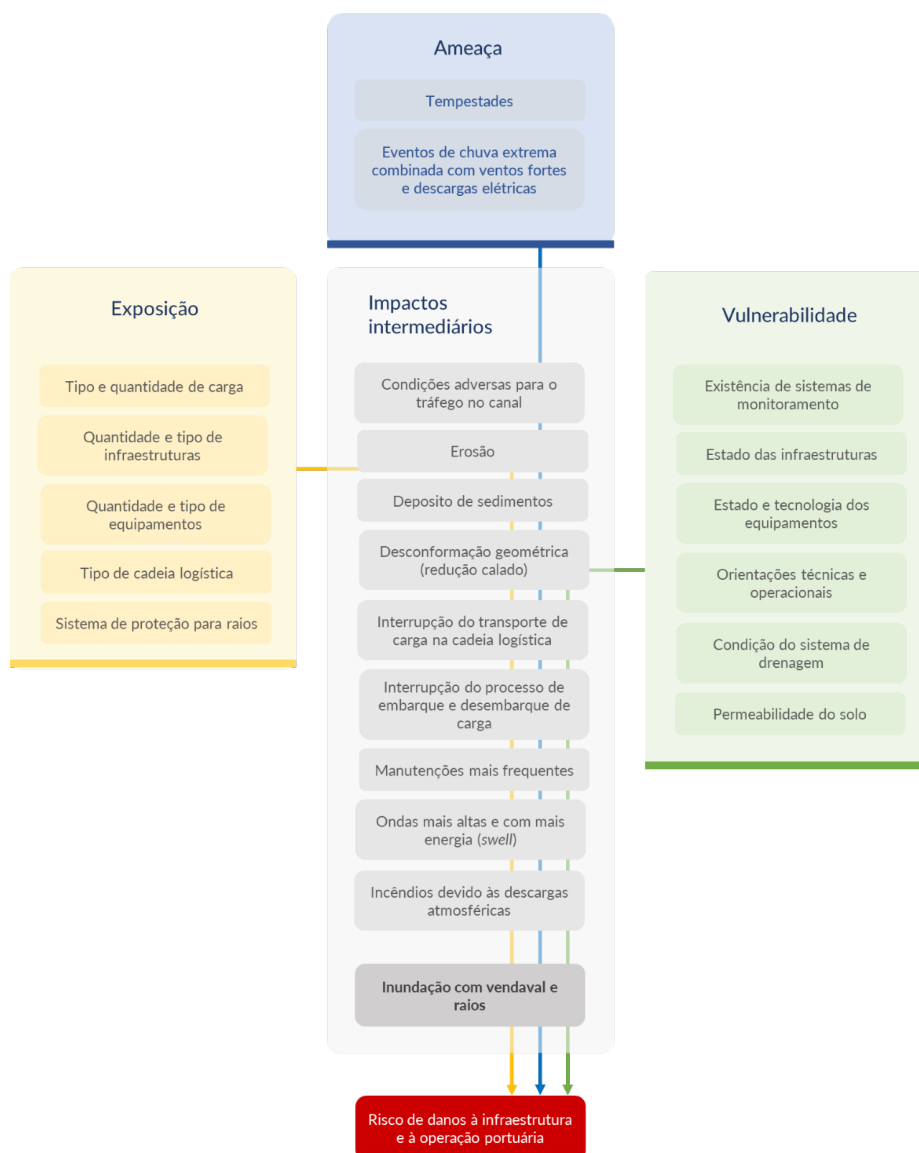
A existência de sistemas de monitoramento é um importante fator de vulnerabilidade (ligada à capacidade adaptativa). Terminais que possuem meteorologia dedicada podem planejar toda

a sua cadeia logística em função de um evento climático extremo que esteja previsto. Adicionalmente, as orientações técnicas e operacionais, principalmente relacionadas à paralização do tráfego no canal e das operações dos terminais, podem garantir maior segurança às operações.

O estado das infraestruturas e dos equipamentos também é um fator fundamental de sensibilidade. Estruturas mais antigas, com problemas estruturais, podem não suportar chuvas fortes, principalmente aquelas acompanhadas de vento.

Por fim, a permeabilidade do solo da região do porto e as condições de drenagem podem reduzir o escoamento superficial, criando áreas inundáveis, que impedem a passagem de pessoas e máquinas e podem chegar a submergir parcialmente equipamentos importantes para a operação.

Figura 34: Cadeia de impacto para tempestades



Fonte: Elaboração própria.

4.1.4.4. Ressaca

O fenômeno da ressaca é a elevação anormal do nível do mar na costa. Pode ser provocada por ondas, marés astronômicas ou marés meteorológicas (storm surge). Geralmente ocorre quando há combinação de mais de um desses fatores, associados a ventos fortes favoráveis. Também acontecem em função de marés de tempestades (storm tide), uma combinação do aumento do nível da água devido à combinação de uma tempestade (chuva e vento) e uma situação de maré astronômica.

O potencial de um evento de ressaca depende da orientação da linha de costa com o trajeto da tempestade (que depende da intensidade, do tamanho e da velocidade da própria tempestade), além da batimetria local (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2018; KARIM, MIMURA, 2008).

As ressacas causam problemas de inundações e erosões costeiras, este último sendo um processo natural que pode ser potencializado e até mesmo produzido por processos antrópicos que causam algum desequilíbrio no balanço sedimentar do sistema costeiro (PILKEY et al., 2009; VAN RIJN, 2011).

As ressacas podem gerar uma série de impactos à operação e infraestrutura portuária, principalmente observados problemas com erosão e depósito de sedimentos, que ao longo dos anos podem prejudicar o calado e obrigar a dragagem do canal, problema comumente relatado pela operação nos terminais do porto de Santos. No longo prazo, podem ser necessárias obras para erguer os equipamentos portuários, para evitar o colapso de infraestrutura.

Ressacas podem causar a interrupção do tráfego no canal e do transporte na cadeia logística em áreas próximas à costa e impedir o processo de embarque e desembarque de carga. Além disso, a força da ressaca pode causar danos estruturais que exigirão manutenções mais frequentes.

Dentre as condições de exposição à essa ameaça estão o tamanho da área costeira, que determina a área a ser afetada em eventos do tipo. Adicionalmente a quantidade e tipo de infraestrutura e equipamentos são fatores de exposição, uma vez que podem ser afetados por eventos de ressaca. Elas podem causar colapso de estruturas e impedir o trânsito de máquinas e pessoas.

A existência de sistemas de monitoramento é um importante fator de sensibilidade. Terminais que possuem meteorologia dedicada podem planejar toda sua cadeia logística em função de um evento climático extremo que esteja previsto. Além disso, as orientações técnicas e operacionais, principalmente relacionadas à paralisação do tráfego no canal e das operações dos terminais, podem garantir maior segurança às operações.

O estado das infraestruturas e dos equipamentos também é um fator fundamental de sensibilidade. Estruturas mais antigas, com problemas estruturais, podem não suportar eventos de ressaca.

Por fim, a altura das instalações dos portos é também um fator de sensibilidade, uma vez que

a ressaca pode gerar ondas de vários metros e pode invadir a área do cais dos terminais, danificando equipamentos e colocando em risco a vida dos operadores.

Os impactos e fatores de exposição e vulnerabilidade são apresentados na Figura 36. Embora tenha sido construída com base na literatura, as considerações obtidas durante a visita técnica indicam que a cadeia de impactos representa um retrato fidedigno da realidade do porto.

Figura 35: Cadeia de impacto para ressaca



Fonte: Elaboração própria.

4.1.4.5. Aumento do nível do mar

Para fins de navegação, o nível alto, potencialmente causado pelo aumento do nível do mar, e extremamente baixo do mar tem um interesse prático maior do que o aumento médio do nível do mar. No entanto, para as infraestruturas portuárias, o aumento do nível do mar pode afetar o padrão de serviço, permitindo maior penetração da energia das ondas na costa e nos portos, causando maior erosão costeira e aumentando a salinidade das baías e estuários. Adicionalmente, o aumento do nível do mar também aumenta a frequência e intensidade das ressacas (OPPENHEIMER, 2019) e pode gerar danos estruturais e operacionais a locais onde a infraestrutura portuária não está condicionada à presença de águas e ondas (locais que o mar não alcançava antes). Exemplos disso são as margens de linha de costa paralelas a píeres que podem demandar proteção contra o solapamento de margens, as erosões e a instabilidade geotécnica com a instalação de muros de contenção, proteção com matoqueiros e gabiões ou até mesmo a instalação de estacas pranchas, conforme a condicionante de resistência dos solos.

Em Santos, Campos et al., 2010, indicou que para eventos de sobre-elevação do nível do mar a ocorrência média é de 14,5% na primavera, 13,4% no verão, 40,2% no outono e 30,8% no inverno. As ocorrências de sublevação têm média de 47,2% na primavera, 10,4% no verão, 10,0% no outono e 32,3% no inverno.

Uma mudança no nível do mar pode causar a redução da altura de borda entre os navios e as pontes, aumentar a força das ondas que atacam uma estrutura, aumentar a exposição dos convéses dos cais e píeres, aumentar a taxa de corrosão e a degradação ao longo do tempo de materiais especificamente projetados para uma gama particular de condições (MOSER et al., 2018).

O aumento do nível do mar pode causar a redução da faixa operacional do terminal, o que poderá causar interrupção e danos nas cadeias logísticas adjacentes. Essa condição é agravada pelo fato da presença urbana lindeira à poligonal portuária, reduzindo a expansão no sentido costa. Assim, proteção da infraestrutura portuária se faz por possíveis intervenções de Engenharia Portuária: (a) aterrar e soerguer os terminais e cais; (b) construção de polderes ao longo do canal de acesso, com distintas cotas de nível de água, uma com o nível crítico e outra com a cota convencional de operação do terminal portuário; (c) instalação de comportas hidráulicas de controle de acesso.

Ademais, poderá haver degradação de materiais que fiquem submersos em eventos de maré alta, que podem sofrer corrosão dada a salinidade da água. Esse tipo de condição poderá exigir manutenções mais frequentes.

Dentre as condições de exposição à essa ameaça estão o tamanho da área costeira, que determina a área a ser afetada em eventos do tipo. Adicionalmente a quantidade e tipo de infraestrutura e equipamentos são fatores de exposição, uma vez que podem ser afetados por eventos de aumento do nível do mar. Esses eventos podem causar colapso de estruturas e impedir o trânsito de máquinas e pessoas.

A existência de sistemas de monitoramento é um importante fator de sensibilidade. Terminais que possuem meteorologia dedicada podem planejar toda sua cadeia logística em função de um evento climático extremo que esteja previsto. Além disso, as orientações técnicas e ope-

racionais, principalmente relacionadas à paralização do tráfego no canal e das operações dos terminais, podem garantir maior segurança às operações.

O estado das infraestruturas e dos equipamentos também é um fator fundamental de sensibilidade. Estruturas mais antigas, com problemas estruturais, podem não suportar eventos de inundação costeira.

Por fim, a altura das instalações dos portos é também um fator de sensibilidade, uma vez que a água do mar pode invadir a área do cais dos terminais, danificando equipamentos e colocando em risco a vida dos operadores.

Os impactos e fatores de exposição e vulnerabilidade são apresentados na Figura 37. Embora tenha sido construída com base na literatura, as considerações obtidas durante a visita técnica indicam que a cadeia de impactos representa um retrato fidedigno da realidade do porto.

Figura 36: Cadeia de impacto para aumento do nível do mar



Fonte: Elaboração própria.

4.1.4.6. Neblina

A neblina se forma, em geral, quando o ar quente e úmido entra em contato com o solo frio e perde o calor, formando vapor. É comum em lugares frios e bastante úmidos. Sempre que a umidade relativa de uma massa de ar atmosférico próxima à superfície da Terra atinge mais de 100%, as condições se tornam favoráveis para formar neblina (KLEMM, 2016).

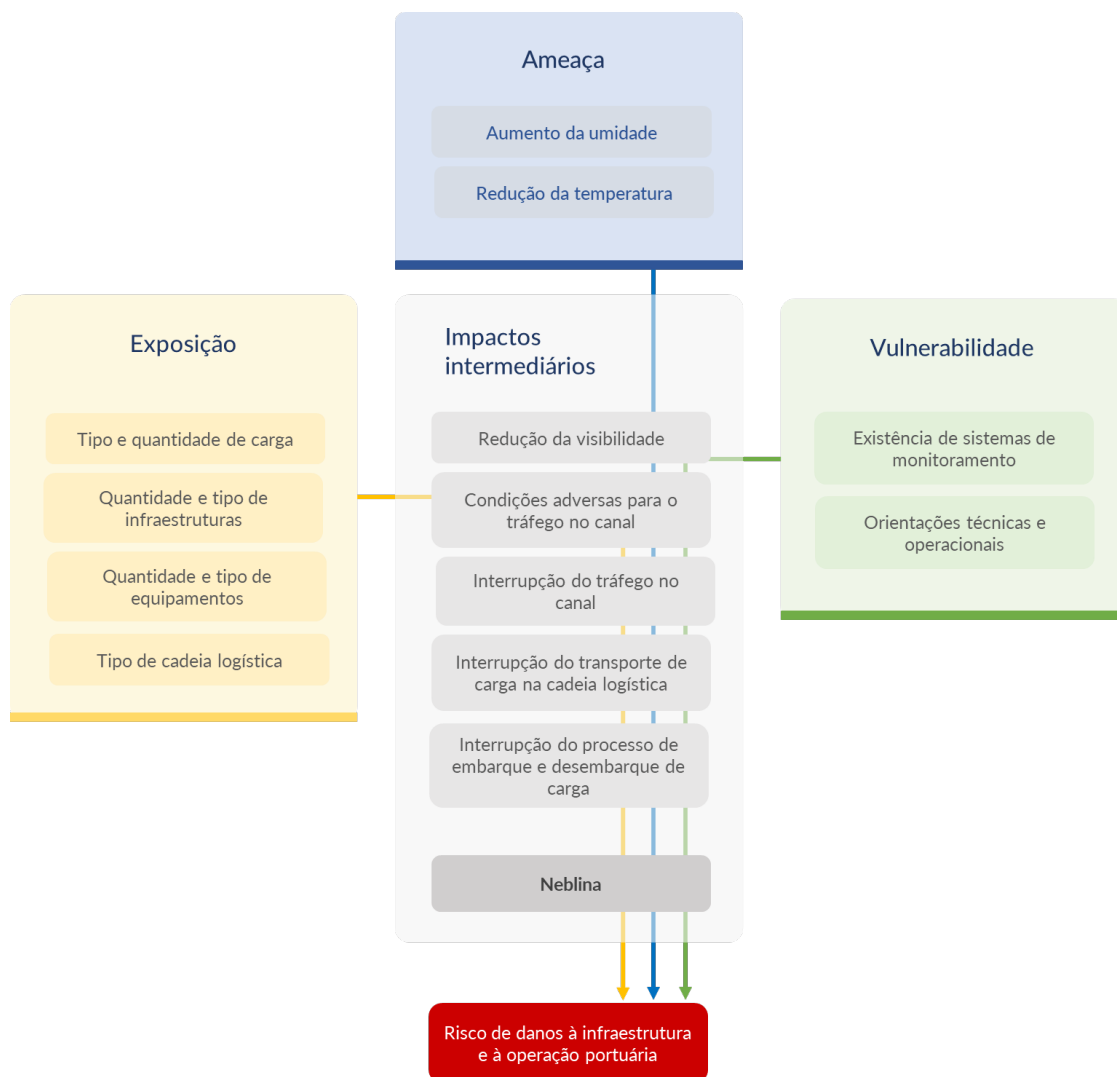
Em geral, segundo atores-chaves do porto, eventos de neblina não causam danos estruturais importantes, mas podem paralisar a operação, principalmente em razão da redução da visibilidade. A praticagem, responsável pela navegação dos navios nos canais, muitas vezes recebe ordens da Capitania dos Portos para fechar o canal, uma vez que a visibilidade esteja tão baixa a ponto de criar riscos para as instalações portuárias e outros navios.

A interrupção do processo de deslocamento dos navios no canal e sua respectiva ancoragem geram impactos financeiros aos portos, uma vez que a operação nos principais terminais fica parada por falta de navio ancorado. Em casos extremos, mesmo quando ancorado, o processo de embarque e desembarque pode ser suspenso, caso o nível de visibilidade impeça o operador (de um grab, por exemplo) de realizar seu processo. Em casos extremos, podem ocorrer acidentes em função da baixa visibilidade.

Dentre os fatores de exposição estão o tipo e quantidade de infraestrutura, carga e equipamento, além do tipo de cadeia logística. Essas condições podem determinar se a operação precisa ser paralisada ou não. Por exemplo, no caso da cadeia logística, mesmo que a neblina aconteça fora de Santos, o escoamento das importações ou o transporte do produto a ser exportado, pode não chegar até o terminal na mesma velocidade em que o terminal trabalha e isso pode gerar interrupção no embarque/desembarque de carga nos navios.

Dentre as condições de sensibilidade, a existência de sistemas de monitoramento é um importante fator. Terminais que possuem meteorologia dedicada podem planejar toda sua cadeia logística em função de um evento climático extremo que esteja previsto. Além disso, as orientações técnicas e operacionais, principalmente relacionadas à paralisação do tráfego no canal e das operações dos terminais, podem garantir maior segurança às operações.

Os impactos e fatores de exposição e vulnerabilidade são apresentados na Figura 38. Embora tenha sido construída com base na literatura, as considerações obtidas durante a visita técnica indicam que a cadeia de impactos representa um retrato fidedigno da realidade do porto.

Figura 37: Cadeia de impacto para neblina

Fonte: Elaboração própria.

4.1.5. Identificação da relação entre infraestruturas e ameaças climáticas

As informações descritas a seguir buscam responder à seguinte pergunta norteadora:

- “Quais são as variáveis climáticas que afetam cada elemento da infraestrutura e da superestrutura?”

Como o porto não possui informações sobre relações de causalidade entre ameaças climáticas e impactos em infraestruturas e superestruturas, foi feita uma adaptação para responder a seguinte pergunta:

- “Quais são as variáveis climáticas que podem afetar cada elemento da infraestrutura e da superestrutura?”.

Com base nas trocas realizadas com os atores-chaves do Porto de Santos durante a visita técnica, nos elementos destacados nas cadeias de impacto e na identificação e priorização das

ameaças climáticas, as infraestruturas de interesse são relacionadas a seguir com as ameaças climáticas.

Canal de Acesso

- Canal externo - Trecho 1: 13,5 m x 12.152 m (dos Fundeadouros a Ponta da Praia)
- Canal interno - Trecho 2: 13,5 m x 4.200 m (da Ponta da Praia a SSZ 21 T-Grão)
- Canal interno - Trecho 3: 13,5 m x 4.240 m (do SSZ 21 a início Ilha Barnabé)
- Canal interno - Trecho 4: 13,5 m x 3.332 m (do início da Ilha Barnabé até Terminal da Alemoa)
- Canal interno - Trecho 4: 12,7 m x 1.423 m (do Terminal da Alemoa a fim do Terminal da Alemoa)

De acordo com as informações coletadas durante a visita técnica e com base nos dados encaminhados pela autoridade portuária do Porto de Santos, elaborou-se a Tabela 19, que associa eventos climáticos com possíveis danos operacionais e de infraestrutura no canal de acesso.

Tabela 19: Potenciais impactos climáticos nos canais de acesso

		Dano Operacional			Dano Infraestrutura		
		Interrupção do Tráfego no Canal	Redução da estiva dos navios*	Encalhe de Embarcações*	Desconformação geométrica (redução calado)	Rompimento ancoragem das bóias/balizamento	Dano funcional a faróis, sinalização e balizamento
Evento Climático Crítico	Chuva		X	X	X		
	Chuva Torrencial		X	X	X		
	Tempestade	X	X	X	X		X
	Ventos Críticos (rajadas)	X				X	X
	Ressaca	X	X	X	X	X	X
	Inundação Pluvial		X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial		X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar						
	Neblina	X					
	Altas Temperaturas						X

Fonte: Elaboração própria.

***Esse dano** conta com o evento climático declarado e interferindo nos processos de sedimentação do canal por processos erosivos do mesmo ou das bacias de contribuição que carregam material sólido para o canal

Bacia de Evolução

- Bacia com 500 m de diâmetro, para embarcações de LOA $\leq$ 340 m, entre SSZ 14 (TGG), SSZ 16 (Santos Brasil);
- Bacia com 700 m de diâmetro, para embarcações de LOA $\leq$ 340 m, entre o terminal DP World e o Porto Paquetá;
- Bacia com 380 m de diâmetro, para embarcações de LOA $\leq$ 300 m, entre o Porto Valongo e a Ilha Barnabé;
- Bacia com 550 m de diâmetro, para embarcações de LOA $\leq$ 340 m, em frente ao Porto Saboó e ponta cais BTP.

De acordo com as informações coletadas durante a visita técnica e com base nos dados encaminhados pela autoridade portuária do Porto de Santos, elaborou-se a Tabela 20, que associa eventos climáticos com possíveis danos operacionais e de infraestrutura nas bacias de evolução.

Tabela 20: Potenciais impactos climáticos nas bacias de evolução

		Dano Operacional			Dano Infraestrutura	
		Interrupção das manobras das embarcações	Redução da estiva dos navios*	Encalhe de Embarcações*	Desconformação geométrica (redução calado)	Desconformação geométrica (planimetria)
Evento Climático Crítico	Chuva		X	X	X	X
	Chuva Torrencial		X	X	X	X
	Tempestade	X	X	X	X	X
	Ventos Críticos (rajadas)	X				
	Ressaca	X	X	X	X	X
	Inundação Pluvial		X	X	X	X
	Inundação Fluvial		X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar					
	Neblina	X				
	Altas Temperaturas					

Fonte: Elaboração própria.

***Esse dano** conta com o evento climático declarado e interferindo nos processos de sedimentação do canal por processos erosivos do mesmo ou das bacias de contribuição que carregam material sólido para o canal

Margem Direita – Ponta da Praia, Macuco, Outerinhos, Paquetá, Saboó/Va-longo, Saboó e Alemoa

De acordo com as informações coletadas durante a visita técnica e com base nos dados encaminhados pela autoridade portuária do Porto Organizado de Santos, elaborou-se as Tabela 21 e Tabela 22, que associam eventos climáticos com possíveis danos operacionais e de infraestrut-

tura nas áreas que englobam a Ponta da Praia, Macuco, Outerinhos, Paquetá, Saboó/Valongo, Saboó e Alemoa.

Nesta parte da análise, foi realizada uma aglutinação dos aspectos gerais de potenciais danos às infraestruturas de acostagem, equipamentos, armazenamento e sistema viário por ameaças climáticas definidas em consenso com os portos. Todos os detalhes são apresentados no APÊNDICE A e apontam impactos específicos conforme as particularidades de cada terminal.

De maneira geral, nas áreas dos terminais, sob o aspecto operacional da infraestrutura de acostagem, indica-se um potencial risco de impacto de eventos de tempestade, ressaca e neblina. Indica-se também potencial impacto ao estaiamento dos navios (potencial de soltura dos cabos, a depender das condições climáticas, como situações de rajadas de ventos). Sob o aspecto de danos, indica-se um potencial impacto por ressacas, aumento do nível do mar, inundações pluviais e inundações fluviais que podem causar desde danificação dos cabeços e defensas até colapso do cais corrido.

Em relação aos equipamentos, entende-se que, operacionalmente, há potencial de interrupção do embarque e desembarque por eventos climáticos críticos que vão desde chuvas, ventos, tempestades, neblina, inundação até altas temperaturas e aumento do nível do mar. Por outro lado, estruturalmente há risco de colapso dos guindastes, colisão das embarcações com equipamentos e quebras constantes de equipamentos em situações críticas de ventos críticos, inundação pluvial e altas temperaturas.

Nas infraestruturas de armazenamento, pode haver dano operacional em função de eventual interrupção da movimentação de carga (recebimento e expedição), que pode ser causada por eventos climáticos críticos de tempestades, ventos críticos, inundações, aumento do nível do mar e altas temperaturas. No que tange aos danos estruturais, o armazenamento pode sofrer colapso estrutural do concreto armado ou metálico dos armazéns, silos e pátios, colapso geotécnico de pátios, tanques e adjacências, destelhamento, inundação de armazéns e quebra de coberturas por eventos climáticos críticos de tempestades, ventos críticos, inundações, aumento do nível do mar e altas temperaturas.

Por fim, o sistema viário apresenta riscos de danos operacionais de interrupção do tráfego terrestre na poligonal portuária por eventos climáticos críticos de ventos críticos, inundações e aumento do nível do mar. A respeito dos danos às infraestruturas, o sistema viário possui risco de sofrer colapso estrutural e/ou geotécnico do pavimento, redução da vida útil das estruturas sem perda funcional, inundação de pátios ou docas de recepção/ expedição, entre outros também por eventos críticos de chuva torrencial, tempestade, inundações e aumento do nível do mar.

Tabela 21: Potenciais impactos climáticos associados à operação na Margem Direita do Porto Organizado de Santos

		Danos Operacionais			
		Acostagem	Equipamentos	Armazenamento	Sistema Viário
Evento Climático Crítico	Chuva		X		
	Chuva Torrencial		X		
	Tempestade	X	X	X	
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X	X
	Ressaca	X			
	Inundação Pluvial		X	X	X
	Inundação Fluvial		X	X	X
	Aumento do Nível do Mar		X	X	X
	Neblina	X	X		
	Altas Temperaturas		X	X	

Fonte: Elaboração própria.**Tabela 22:** Potenciais danos causados por eventos climáticos na Margem Direita do Porto Organizado de Santos

		Danos às Infraestruturas			
		Acostagem	Equipamentos	Armazenamento	Sistema Viário
Evento Climático Crítico	Chuva				
	Chuva Torrencial				X
	Tempestade		X	X	X
	Ventos Críticos (rajadas)		X	X	
	Ressaca	X			
	Inundação Pluvial	X	X	X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar	X	X	X	X
	Neblina				
	Altas Temperaturas		X	X	

Fonte: Elaboração própria.

Margem Esquerda – Conceiçãozinha, Guarujá e Ilha Barnabé

Em relação à Margem Esquerda que abriga os terminais da Conceiçãozinha, Guarujá e Ilha Barnabé, pode-se dizer que os potenciais impactos para as áreas de acostagem, equipamentos, armazenamento e sistema viário variam em relação aos da Margem Direita previamente apresentados. As Tabelas 23 e 24 demonstram, de forma geral, os potenciais impactos que podem vir a afetar a operação ou causar danos na Margem Esquerda.

Para a acostagem na Margem Esquerda, nota-se a potencial de paralisação devido às tempestades, rajadas de vento, ressaca e neblina. Em termos estruturais, a acostagem pode apre-

sentar riscos de colapso dos píeres e estruturas de proteção ao solapamento de margem e danificação e perda funcional de dolphins, cabeços e defensas, além de perda funcional por meio de eventos críticos de chuvas, tempestades, ventos, inundações, aumento do nível do mar e altas temperaturas.

Em relação a operação dos equipamentos, identifica-se que, de maneira geral, todos os eventos críticos listados pela Tabela 22 podem apresentar potenciais riscos. Para danos estruturais, impactos como colapso dos equipamentos dos shiploaders e grabs, esteira transportadora, manutenção e quebras constantes, perdas funcionais sem operação, entre outros, podem ser comuns a partir da ocorrência de eventos críticos como chuva, tempestades, ventos, inundações e altas temperaturas.

A respeito do armazenamento, a Margem Esquerda também possui potenciais riscos de danos operacionais por meio de eventos críticos de chuvas, ventos, inundação pluvial, neblina e altas temperaturas, podendo ver interrompida a movimentação de carga (recepção e expedição). Tratando-se de danos estruturais, há potencial de prejuízos materiais devido ao colapso estrutural dos pátios, colapso geotécnico e inundação de pátios e armazéns, destelhamento e quebra de coberturas em função de eventos de chuvas, ventos, tempestades, inundações, aumento do nível do mar e altas temperaturas.

Por fim, levando em consideração o sistema viário, a Margem Esquerda apresenta potencial de dano operacional por chuva, tempestades, ventos, inundações e aumento do nível do mar, principalmente em função de uma interrupção do tráfego terrestre da poligonal portuária. Em termos estruturais, considera-se impactos às estruturas por chuvas, tempestades, inundações e aumento do nível do mar, ocasionando eventual colapso estrutural e/ou da superestrutura de pavimento, inundação de pátios de recepção e expedição, tal como perda funcional e redução da vida útil das estruturas.

Tabela 23: Potenciais impactos climáticos associados à operação na Margem Esquerda do Porto Organizado de Santos

		Danos Operacionais			
		Acostagem	Equipamentos	Armazenamento	Sistema Viário
Evento Climático Crítico	Chuva		X	X	
	Chuva Torrencial		X	X	X
	Tempestade	X	X	X	X
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X	X
	Ressaca	X	X		
	Inundação Pluvial		X	X	X
	Inundação Fluvial		X		X
	Aumento do Nível do Mar		X		X
	Neblina	X	X	X	
	Altas Temperaturas		X	X	

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 24: Potenciais danos causados por eventos climáticos na Margem Esquerda do Porto Organizado de Santos

		Danos às Infraestruturas			
		Acostagem	Equipamentos	Armazenamento	Sistema Viário
Evento Climático Crítico	Chuva		X	X	X
	Chuva Torrencial			X	X
	Tempestade		X	X	X
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X	
	Ressaca	X	X		
	Inundação Pluvial	X	X	X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar	X	X	X	X
	Neblina				
	Altas Temperaturas		X	X	

Fonte: Elaboração própria.

4.2. Levantamento da Probabilidade das Ameaças Climáticas

4.2.1. Informações climáticas customizadas

4.2.1.1. Tendências observadas

Essa seção responde às seguintes perguntas norteadoras:

- “Com base nos modelos de clima e indicadores genéricos, a frequência das ameaças climáticas irá aumentar/diminuir no futuro?” e
- “Com base nos modelos de clima e indicadores customizados, a frequência das ameaças climáticas irá aumentar/diminuir no futuro?”.

Ventos extremos

O porto de Santos tem sofrido paralizações e danos estruturais devido a ventos extremos, principalmente no canal de acesso e pátio de armazenagem (ANTAQ, 2021a).

A nível global, observou-se nas últimas décadas uma tendência de aumento da velocidade do vento, principalmente para ventos extremos (YOUNG et al., 2011; PES et al., 2017) identificaram um aumento na frequência de ventos extremos nas últimas décadas na maior parte do Brasil. Em Santos, dados observacionais derivados de reanálise não indicam mudanças estatisticamente significativas no vento médio (IPCC ATLAS, 2022). A análise de tendência customizada para Santos usando dados observacionais de reanálise não detectou tendências estatisticamente significativas na frequência de ventos moderados e fortes (7 m/s e 10 m/s).

Chuvas

As chuvas torrenciais impactam o canal de acesso e o pátio de armazenagem do porto de Santos (ANTAQ, 2021a).

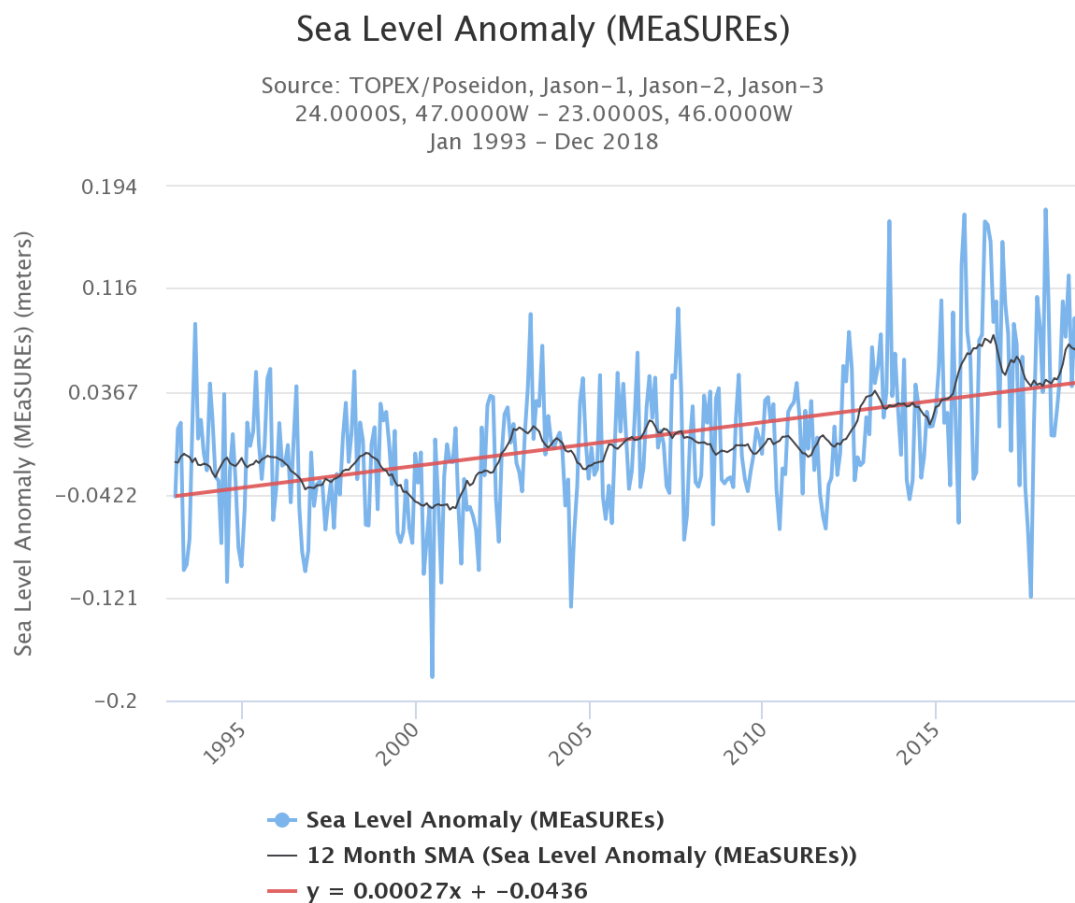
A nível global, a mudança termodinâmica induzida pelo aquecimento global resulta em um aumento na precipitação extrema, a uma taxa que segue a relação Clausius-Clapeyron, que especifica a relação da temperatura e da pressão e, mais especificamente para a climatologia, que a capacidade de retenção de água na atmosfera tem relação com a temperatura (7% de retenção para cada 1°C adicional). Os extremos de precipitação também são afetados por outros mecanismos, tais como orografia, sistemas de circulação atmosférica, aerossóis, uso e cobertura do solo e urbanização. Existem evidências robustas da intensificação da precipitação extrema em escalas global e continental. No entanto, em algumas regiões a chuva pode diminuir (SENEVIRATNE et al., 2021).

Em Santos, dados observacionais mostram uma tendência de aumento de chuva total anual na ordem de + 0,3 mm/dia por década para o produto global de clima CRU TS. No caso do produto GPCP, a tendência é de diminuição, porém ela não é estatisticamente significativa (IPCC ATLAS, 2022). A análise de tendência customizada para Santos usando dados observacionais não detectou mudança estatisticamente significativa para a frequência de dias com chuva (> 1 mm, R1mm), chuva forte (> 15 mm, R15mm) e duração de chuva (Consecutive Wet Days – CWD).

Aumento do nível do mar

O porto de Santos já sofreu impactos estruturais severos no canal de acesso devido a ressacas (ANTAQ, 2021a). O aumento do nível do mar (ANM) aumenta a magnitude de inundações costeiras, ressacas e nível extremo do mar, além de acelerar a erosão costeira (OPPENHEIMER et al., 2019), podendo danificar infraestruturas como berços de atracação, canais de acesso, pátios de armazenagem, armazéns e acessos rodoviários (ANTAQ, 2021a).

Não há dúvidas de que o nível médio global do mar está subindo e acelerando, e que as principais contribuições para esse aumento são a expansão térmica e o derretimento de geleiras e mantos de gelo da Antártica e da Groenlândia devido ao aquecimento global (OPPENHEIMER et al., 2019). Em Santos, dados observacionais mostram um aumento do nível médio do mar de aproximadamente 7 cm no período de 1993 a 2018 (Figura 38).

Figura 38: Anomalia do nível do mar para o período de 1993-2018 no Porto de Santos**Fonte:** NASA, 2022a.

4.2.1.2. Cenários de mudança do clima e concordância entre os modelos

Essa seção responde às seguintes perguntas norteadoras:

- “Com base nos modelos de clima e indicadores customizados, a frequência das ameaças climáticas irá aumentar/diminuir no futuro?”
- “Qual é o nível de concordância (%) entre as projeções dos modelos de clima quanto ao sinal de mudança?”; e
- “Os cenários de mudança do clima futuro corroboram com a tendência observada no clima atual?”.

A Tabela 25 apresenta dados de frequência dos indicadores climáticos selecionados, tanto para dados observacionais quanto para as projeções climáticas, representadas pela anomalia média dos modelos.

Adicionalmente, são apresentados o percentual de concordância entre os modelos utilizados. Foram destacados, pela cor verde, os níveis de concordância dos modelos que apresentaram mais de 66,7% de concordância, informação utilizada para definir o nível de confiança das informações climáticas (Seção 4.2.2.2). Mais detalhes sobre os cenários de mudança do clima para ameaças de Ventos, Chuvas e Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar, úteis para determinação dos níveis de confiança, são apresentados no APÊNDICE D.

Tabela 46 Risco operacional para Granéis Sólidos

Ameaça	Indicador	Baseline (1981 – 2020)		Tendên- cias Obser- vadas (1981 – 2020)	ANOMALIA											
					Cenário (2021-2040)				Cenário (2041-2060)				Cenário (2081-2100)			
		Valor	Unidade		SSP2		SSP5		SSP2		SSP5		SSP2		SSP5	
					Média	% Concordância	Média	% Concordância	Média	% Concordância	Média	% Concordância	Média	% Concordância	Média	% Concordância
Vento Fraco (6 nós)	W3ms	35,1	dias/ano	+	8,6	90,9	20,1	72,7	9,7	90,9	22,2	72,7	13,2	100,0	18,9	54,5
Vento Mode- rado (30 nós)	W7ms	0,1	dias/ano	-	1,2	72,7	8,0	90,9	1,9	81,8	8,3	81,8	1,6	63,6	9,0	63,6
Vento Forte (38 nós)	W10ms	0,0	dias/ano	+	0,0	27,2	0,3	45,5	0,1	36,3	0,4	45,5	0,0	27,2	0,4	45,5
Chuva Per- sistente (1 mm)	R1mm	120,0	dias/ano	-	-1,9	60,0	-4,7	66,7	-1,1	60,0	-3,8	58,3	-1,1	60,0	-7,3	58,3
Chuva Forte (15 mm)	R15mm	48,0	dias/ano	+	0,6	60,0	0,2	50,0	4,4	80,0	2,8	75,0	2,3	90,0	4,7	75,0
Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar	ANM	0,00	m	++	0,13	83,0	0,13	83,0	0,26	83,0	0,29	83,0	0,59	83,0	0,76	83,0

Fonte: elaboração própria.

Legenda:

-  Nível de concordância maior ou igual a 66,7%.
-  Tendências de aumento estatisticamente significativa
- + Positivo, mas não estatisticamente significativo;
- ++ Positivo e estatisticamente significativo (intervalo de confiança de 95%);
- Negativo, mas não estatisticamente significativo;
- Negativo e estatisticamente significativo;
- NA Não aplicável;

4.2.2. Probabilidade das ameaças climáticas

4.2.2.1. Probabilidades de ocorrência das ameaças climáticas

Com base nos resultados observados na Seção 4.2.1.2 Cenários de mudança do clima e concordância entre os modelos e na escala de probabilidade definida na Seção 3.3.6.1. Escala de probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas, realizou-se a classificação de probabilidade para o Porto de Santos, como pode ser observado pela Tabela 26.

Tabela 26: Classificação de probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas no Porto de Santos

		Linha de Base (1981-2000)	2021-2040		2041-2060		2081-2100	
			SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5
Ameaça	Indicador	Nota	Nota					
Vento Fraco (6 nós)	W3ms	4	4	4	4	4	4	4
Vento Moderado (30 nós)	W7ms	1	2	3	2	3	2	3
Vento Forte (38 nós)	W10ms	1	1	1	1	1	1	1
Chuva Persistente (1 mm)	R1mm	5	5	5	5	5	5	5
Chuva Forte (15 mm)	R15mm	4	4	4	4	4	4	4
Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar	ANM	1	1	1	2	2	2	2

Fonte: Elaboração própria.

1 – Quase nunca; 2 – Raramente; 3 – Ocasionalmente; 4 – Frequentemente; 5 – Muito frequentemente

Vento Fraco (3 m/s)

Aqui, observou-se que o indicador Vento Fraco (3 m/s) apresentou probabilidade de acontecer ‘Frequentemente’ dentro do período de linha de base. Essa ameaça não teve o nível de probabilidade modificado nos cenários do futuro.

Vento Moderado (7 m/s)

Nesta parte, foi possível verificar que o indicador Vento Moderado (7 m/s) apresentou probabilidade de acontecer ‘Quase nunca’ no período da linha de base. Essa ameaça, no entanto, apresenta um aumento de um nível de probabilidade para o SSP2 e dois para o SSP5. Isso significa que a probabilidade de acontecer nesses cenários são, respectivamente, ‘Raramente’

e 'Ocasionalmente'. Vento Forte (10 m/s)

Em relação à variável Vento Forte (10 m/s), observou-se que a probabilidade dessa ameaça climática acontecer dentro do período da linha de base é 'Quase nunca'. Os padrões de probabilidade para os demais cenários futuros não se alteram com o passar do tempo.

Chuva Persistente (1 mm)

Para a ameaça Chuva Persistente (1 mm), verifica-se uma probabilidade de acontecer 'Muito frequentemente' dentro do período de linha de base. Os padrões de probabilidade para os demais cenários futuros não se alteram com o passar do tempo.

Chuva Forte (15 mm)

Ao avaliar a ameaça Chuva Forte (15 mm), observa-se um nível de probabilidade de acontecer 'Frequentemente' para o período da linha de base. Esse nível não se altera para os períodos e cenários futuros.

Inundações devido ao aumento de 0,2 m do nível do mar

Para as Inundações devido ao aumento de 0,2 m do nível do mar, fez-se uma análise qualitativa, na qual a probabilidade de acontecer é de 'Quase nunca' dentro dos anos da linha de base. Avaliando os cenários futuros, é possível dizer que a partir do período entre 2041 e 2060, a probabilidade de acontecer muda para 'Raramente'.

4.2.2.2. Nível de confiança das informações climáticas

A seguir apresentam-se os níveis de confiança verificados de acordo com os horizontes temporais definidos:

Período 2021 – 2040

Os resultados para o período 2021-2040 são observados na Tabela 27.

Tabela 27: Nível de confiabilidade para o período de 2021 a 2040

Indicador	Projeções	Concordância	Tendência	Literatura	Nível de confiança
W3ms	Aumento em todos os cenários	Sim no SSP2 Sim no SSP5	Aumento	Aumento	Moderado no SSP2 Moderado no SSP5
W7ms	Aumento em todos os cenários	Sim no SSP2 Sim no SSP5	Redução	Aumento	Baixo no SSP2 Baixo no SSP5
W10ms	Se mantém estável no SS2 e leve aumento no SSP5	Não no SSP2 Não no SSP5	Aumento	Aumento	Ausência no SSP2 Ausência no SSP5
R1mm	Redução em todos os cenários	Não no SSP2 Sim no SSP5	Redução	Aumento	Baixo no SSP2 Moderado no SSP5

R15mm	Leve aumento em todos os cenários	Não no SSP2 Não no SSP5	Aumento	Aumento	Moderado no SSP2 Moderado no SSP5
ANM	Aumento em todos os cenários	Sim no SSP2 Sim no SSP5	Aumento e significativo	Aumento	Alto no SSP2 Alto no SSP5

Fonte: Elaboração própria.

Período 2041 – 2060

Os resultados para o período 2041-2060 são observados na Tabela 28:

Tabela 28: Nível de confiabilidade para o período de 2041 a 2060

Indicador	Projeções	Concordância	Tendência	Literatura	Nível de confiança
W3ms	Aumento em todos os cenários	Sim no SSP2 Sim no SSP5	Aumento	Aumento	Moderado no SSP2 Moderado no SSP5
W7ms	Aumento em todos os cenários	Sim no SSP2 Sim no SSP5	Redução	Aumento	Baixo no SSP2 Baixo no SSP5
W10ms	Leve aumento em todos os cenários	Não no SSP2 Não no SSP5	Aumento	Aumento	Baixo no SSP2 Baixo no SSP5
R1mm	Redução em todos os cenários	Não no SSP2 Não no SSP5	Redução	Aumento	Baixo no SSP2 Baixo no SSP5
R15mm	Aumento em todos os cenários	Sim no SSP2 Sim no SSP5	Aumento	Aumento	Moderado no SSP2 Moderado no SSP5
ANM	Aumento em todos os cenários	Sim no SSP2 Sim no SSP5	Aumento e significativo	Aumento	Alto no SSP2 Alto no SSP5

Fonte: Elaboração própria.

Período 2081 – 2100

Os resultados para o período 2081-2100 são observados na Tabela 29:

Tabela 29: Nível de confiabilidade para o período de 2081 a 2100

Indicador	Projeções	Concordância	Tendência	Literatura	Nível de confiança
W3ms	Aumento em todos os cenários	Sim no SSP2 Sim no SSP5	Aumento	Aumento	Moderado no SSP2 Moderado no SSP5
W7ms	Aumento em todos os cenários	Sim no SSP2 Sim no SSP5	Redução	Aumento	Baixo no SSP2 Baixo no SSP5
W10ms	Se mantém estável no SS2 e leve aumento no SSP5	Não no SSP2 Não no SSP5	Aumento	Aumento	Baixo no SSP2 Moderado no SSP5
R1mm	Redução em todos os cenários	Não no SSP2 Não no SSP5	Redução	Aumento	Baixo no SSP2 Baixo no SSP5
R15mm	Aumento em todos os cenários	Sim no SSP2 Sim no SSP5	Aumento	Aumento	Moderado no SSP2 Moderado no SSP5
ANM	Aumento em todos os cenários	Sim no SSP2 Sim no SSP5	Aumento e significativo	Aumento	Alto no SSP2 Alto no SSP5

Fonte: Elaboração própria.

4.3. Levantamento das Infraestruturas Portuárias e Severidade

4.3.1. Inventário das infraestruturas de interesse do porto

A navegação nos canais é regulamentada segundo as Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos de São Paulo. A partir da interpretação dessa base normativa e de informações obtidas em consultas e reuniões de trabalho com operadores, Autoridade Portuária, Capitania dos Portos e Praticagem. Temos que os principais eventos que impactam na operação estão relacionados a ventos, ondas e visibilidade comprometida por neblina, que podem ocasionar o fechamento do Canal Externo, paralisando por consequência o Canal Interno.

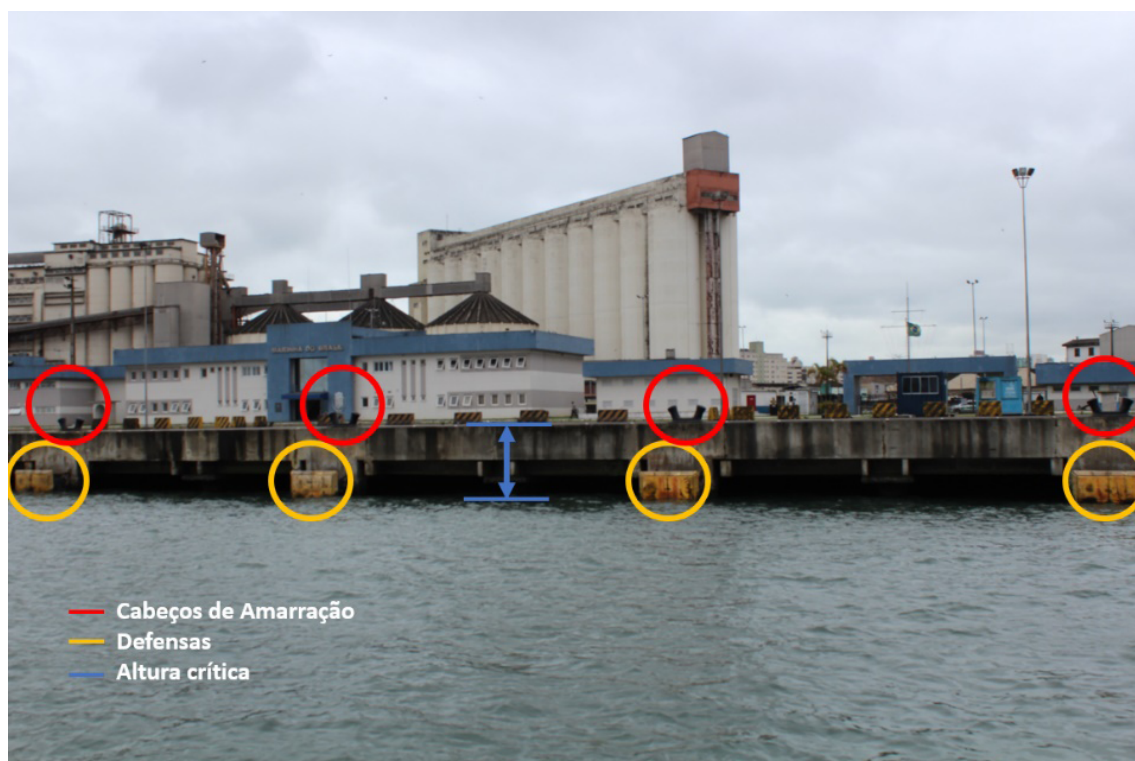
Conforme observado nas Cartas Náuticas do Porto de Santos, números 1711, 1712 e 17133, o sistema de sinalização náutica é composto de 12 faróis, 20 boias de delimitação de canal e 1 boia de restrição à navegação. A principal ameaça climática refere-se ao aumento do nível do mar, com possíveis demandas de alocação de faróis para cotas mais altas e troca de cabeamento de ancoragem das boias compatíveis com elevação do mar.

No PDZ e no Plano Mestre do Porto de Santos constam informações descritivas de extensão, área útil e capacidades volumétricas de berços, edificações e infraestruturas de armazenagem. Porém não são apresentadas informações relacionadas a alturas e cotas em relação ao nível médio do mar.

No Porto de Santos, os berços são caracterizados por estarem em estruturas de cais corrido e píeres acessados via pontes. Não há informações disponibilizadas no PDZ, Plano Mestre e pela Autoridade Portuária sobre as cotas de crista dessas estruturas e a altura livre entre a crista e o nível d'água médio. Nessas instalações, constam equipamentos robustos e resistentes, instalados para preservação da estrutura civil e amarração de navios, como as defensas e cabeços de amarração. Os cabeços podem estar instalados na linha de cais ou em dolphins, no caso de píer.

As possíveis inundações decorrentes do aumento do nível do mar acarretariam paralisação operacional e danos à infraestrutura via aceleração da deterioração das estruturas de acostagem, abrangendo a redução da vida útil do concreto armado, o solapamento e o processo erosivo das margens, a criação de tensões pelo nível d'água nas estruturas da ponte de acesso, a colmatação do solo e a perda de resistência geotécnica do solo na linha do cais e a ocorrência de recalques de solo e piso. No caso das defensas e cabeços submersos, poderá ocorrer a perda do tratamento superficial da peça e aceleração da oxidação das peças.

No caso de píeres, o aumento do nível do mar poderá requerer uma proteção e contenção dos taludes rente à margem, evitando solapamentos e processos erosivos. Nos píeres mais baixos, esse mesmo aumento poderá atingir o nível da cota da ponte, podendo inviabilizá-la quanto à operação. Os dolphins, contendo cabeços de amarração, poderão ser submersos, ocasionando problemas de perda estrutural e funcional do equipamento (Figura 39).

Figura 39: Defensas, cabeços de amarração e altura entre cais e linha d'água

Fonte: Acervo próprio.

As edificações administrativas-operacionais dos arrendatários e os sistemas de armazenamento constituem construções civis diversas. As áreas administrativas, geralmente anexas ao conjunto de pátio e armazéns são edificações comuns, geralmente baixas, sem grande volume arquitetônico e executadas em concreto armado com cobertura convencional.

Por outro lado, as infraestruturas de armazenagem possuem características de projeto e adequação referentes ao perfil de carga que operam. As mais simples existentes no Porto de Santos são os pátios abertos para contêineres, cargas de projeto e veículos. Uma significativa preocupação direcionada a essas infraestruturas, refere-se a um sistema de drenagem eficiente e rápido, capaz de atender chuvas estimadas de projeto.

No Porto de Santos os grânéis sólidos são acomodados em armazéns horizontais e silos verticais. Grânéis líquidos são acondicionados em tanques metálicos, resistentes a ações químicas dos produtos armazenados. A celulose é estocada em armazéns e galpões horizontais. Todas essas estruturas construtivas apresentam grande volume arquitetônico, possuindo área vélica sensível à ação dos ventos. Ventos também podem agir no empuxo e arranque de cobertura e telhados.

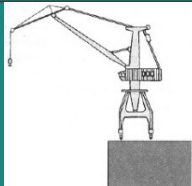
Complementarmente, inundações, além do prejuízo da perda da carga em si, podem gerar deterioração de pisos, saturação dos solos por água, podendo acarretar recalques de pilares e ocasionar fissuras que podem levar ao desmoronamento de paredes e muros.

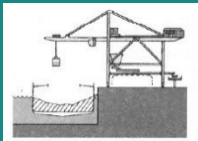
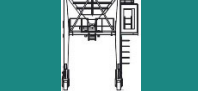
Este trabalho realizou investigação junto aos operadores quanto a danos às respectivas infraestruturas, ocasionados por eventos climáticos. Foi inferido que os maiores danos podem ocorrer com o aumento do nível do mar, o aumento da intensidade e recorrência de chuvas e a ocorrência de ventos fortes que podem causar danos estruturais às edificações, silos e infraestrutura de acostagem. A descrição dos berços e infraestruturas de armazenagem, obtidas nos documentos oficiais do Porto de Santos, estão no Seção 4.1.1.

Em relação aos equipamentos portuários, além de suportar os esforços intrínsecos à movimentação da carga, contam com os elementos estruturais das treliças, braços, cabos e apoios de solo dimensionados para suportar esforços de vento, ondas (no caso de equipamentos flutuantes) e de colisões acidentais não severas.

No Porto de Santos conforme a operação e aptidão técnica dos arrendatários em armazenar, transferir e processar o embarque e desembarque de navios especializados, são verificados os equipamentos portuários sujeitos a ações climáticas extremas descritos na Tabela 30.

Tabela 30: Equipamentos portuários abordados no estudo

Equipamento		Descrição
	Guindaste portuário	Destinado ao içamento de carga geral lingada, carga geral em dispositivo de unitização, uso de pás acopladas do tipo <i>grab</i> para granéis e carregamento esporádico de contêineres. Pode ser fixo ou móvel, sobre trilhos ou sistemas pneumáticos.
	Grua convencional	Destinado ao içamento de cargas de projeto. Equipamento é fixo. Pode ser utilizado para apoio de pátio, carregamento de navios e serviços em estaleiros.
	Guindaste embarcado em navios <i>self-sustained</i>	Equipamento apresenta a mesma funcionalidade do guindaste portuário, porém apresenta características e restrições específicas devido ao fato de estar instalado no próprio navio. Apresentam dimensões e porte menor e apresenta menor capacidade de içamento comparado aos equipamentos instalados no cais. A restrição do equipamento é maior perante a ação de ventos e ondas, pois possíveis movimentações ocorridas por essas condições ambientais no navio, paralisam a operação do guindaste de bordo. Os navios <i>self-sustained</i> contam com decréscimo de uso, sendo aqui no Brasil, utilizado na marinha mercante de exportação de fardos de celulose e toras de madeira.
	Portainer	Equipamento de içamento e translação para embarque e desembarque de contêineres de navios, tendo alcance pleno do pontal de convés e a área de cais do terminal, podendo recuperar/depositar o contêiner em uma pilha de pátio, no semi-reboque de um caminhão ou no vagão <i>piggyback</i> de uma composição ferroviária. Conta com elevadas taxas de processamento. Instalado no cais sobre trilhos, conta com dispositivos de ancoragem do mesmo em casos de ventos críticos a operação.
	Transtainer	Equipamento de apoio de pátio de contêineres, realizando içamento e movimentação. Utilizado na formação de pilhas, no embarque em tratores de movimentação, em caminhões e em vagões <i>piggyback</i> .

	<i>Shipunloader com grab</i>	Equipamento destinado a descarga de granéis sólidos. Estrutura pórtico instalada sobre trilhos, possibilitando movimentação sobre o berço. Conta com sistema de cabeamento acoplado na extremidade um implemento pá tipo <i>grab</i> com controle de abertura e fechamento, possibilitado a captura do volume do desembarque. O içamento do <i>grab</i> alcança todo o pontal de convés do navio. Geralmente o equipamento é polivalente. Consegue acondicionar o volume coletado em uma tremonha conectada a um sistema de correia/esteira transportadora contínua ou diretamente à caçamba de um caminhão ou vagão ferroviário. Equipamentos modernos contam com elevadas taxas de processamento.
	<i>Shiploader</i>	Equipamento destinado ao carregamento de granéis sólidos. Instalado no berço, possui mobilidade sobre trilhos e conta com lança e tubo de descarga acoplado, possibilitando a movimentação pela área da abertura do porão da embarcação, auxiliando na disposição do cone do granel. A carga processada pelo equipamento é alimentada por sistema de correia/esteira transportadora contínua. Equipamentos modernos contam com elevadas taxas de processamento.
	Tubulações e mangotes	Sistema dutoviário de transferência entre tanques de armazenagens para granéis líquidos e gasosos. Composto por tubulações rígidas e segmentos de mangotes flexíveis para conexão nas tampas-sifões dos navios. Contém conjunto motobomba hidráulico, com piezômetros, válvulas de alívio, e conforme a característica do produto, pode ter filtros, sistema arrefecimento, controle de temperatura, compartimento de liquefação/gaseificação e demais processos físico-químicos.
	<i>Reach stacker</i>	Equipamento de solo, para apoio operacional, desembarque/embarque em caminhões e vagões <i>piggyback</i> e pilhas de contêineres. Possibilidade de uso para contêineres cheios e vazios.
	Empilhadeira de Vazio	Equipamento de solo, para apoio operacional de transbordo, pequenos movimentos e pilhas de contêineres vazios.
	Plataforma elevatória	Equipamento de apoio operacional para realização de trabalhos em altura, permitindo a elevação de trabalhador em cesto. Utilizado para manutenção de equipamentos e acesso a locais altos.
	Tremonha	Equipamento de apoio à transferência de granéis sólidos descarregados diretamente nas caçambas de caminhões ou em vagões ferroviários. Equipamento móvel, tracionado por trator de apoio.

De modo complementar, os transportadores contínuos são o conjunto de infraestrutura e equipamentos de movimentação contínua de carga nos fluxos de recebimento e expedição marítima. A Figura 40 ilustra a estrutura de suporte e cobrimento do transportador contínuo do TEAG Terminal Exportador de Açúcar do Guarujá (SSZ 10), conectando o armazém e o shiploader existente no píer.

Figura 40: Infraestrutura de suporte ao transportador contínuo: TEAG, Porto de Santos



Fonte: acervo próprio.

No PDZ, quanto à instalação dos terminais, estão descritos o zoneamento, nome do operador, tipo de carga, descrição de uso de berço e área de armazém, pátio, silo e tancagem. Além do PDZ, também foram verificados geodatabase com arquivos compatíveis com Sistema de Informação Geográfica e arquivos oficiais da Autoridade Portuária, os quais não apresentaram listas de equipamentos dos terminais.

Em consulta ao Plano Mestre do Complexo Portuário do Porto de Santos, de 2019, foram verificadas informações sobre equipamentos portuários. Constatou-se significativo número de equipamentos de apoio em solo, tais como, empilhadeiras e caminhões de diferentes marcas, modelos e capacidades operacionais, conforme descrito a seguir:

- Caminhões: todos os registros declarados como caminhões e semi-reboques;
- Empilhadeiras < 10 t: registros declarados como empilhadeira, empilhadeira de pequeno porte, empilhadeira média e empilhadeira elétrica;
- Empilhadeira > 10 t: registros de empilhadeiras com capacidade superior a 10 toneladas;
- Moegas: todos os registros de moegas, sendo móveis, ecológicas, rodoviárias e ferroviárias;
- Tulhas: todas as categorias de tulhas existentes na base do Plano Mestre;

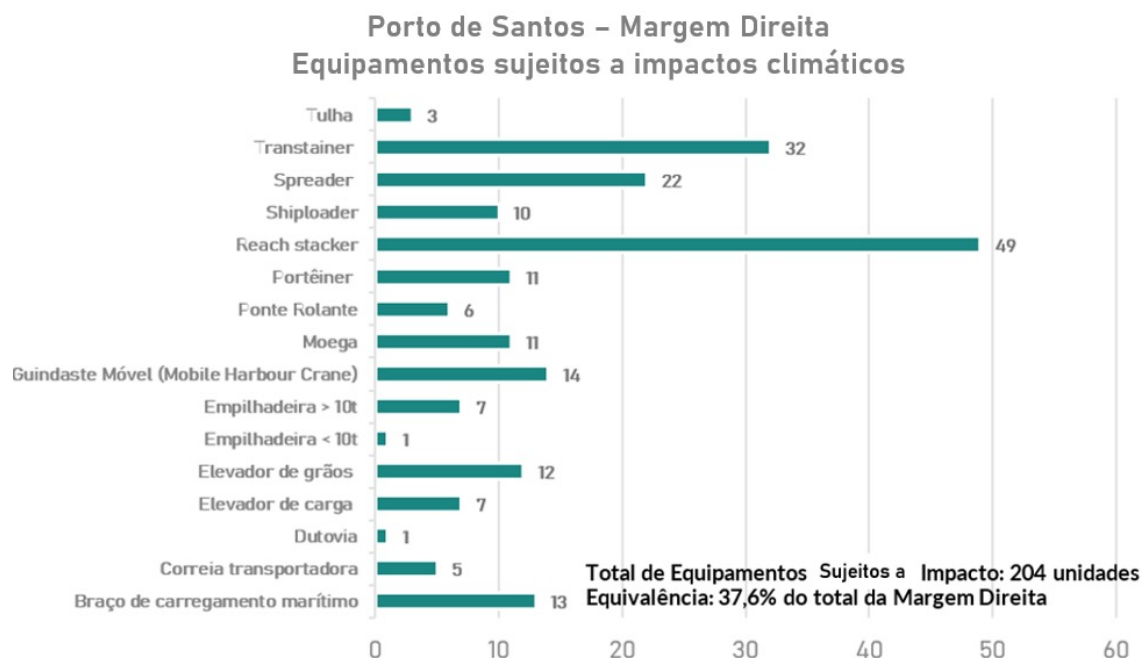
Dos registros declarados no Plano Mestre, passíveis de indexação lógica com as informações do PDZ, foram obtidos 1083 equipamentos, sendo que 543 equipamentos são pertinentes aos terminais instalados à Margem Direita e 540 equipamentos aos terminais da Margem Esquerda.

Para facilitar as análises, foi aplicada uma classificação inicial de equipamentos sujeitos à ação do clima. O critério utilizado envolve tamanho/porte, a capacidade operacional, a impossibilidade de mobilização e a característica de abrigo do equipamento. Assim foram suprimidos da avaliação de vulnerabilidade os seguintes equipamentos: arrastador de grãos; balanças; caminhões; compressores de ar; compressores de refrigeração; empilhadeiras < 10 t; multitraillers; paleteiras elétrica; pás carregadeiras; rampas de acesso cais e navio; scanners; e terminal tractors.

As Figuras 41 e 42 ilustram quantitativamente os equipamentos nas Margens Direita e Esquerda. Os equipamentos de içamento são os preponderantes, como é possível perceber pelo grande número de equipamentos para movimentação de contêineres, tais como transtainers, reach stacker e portainer.

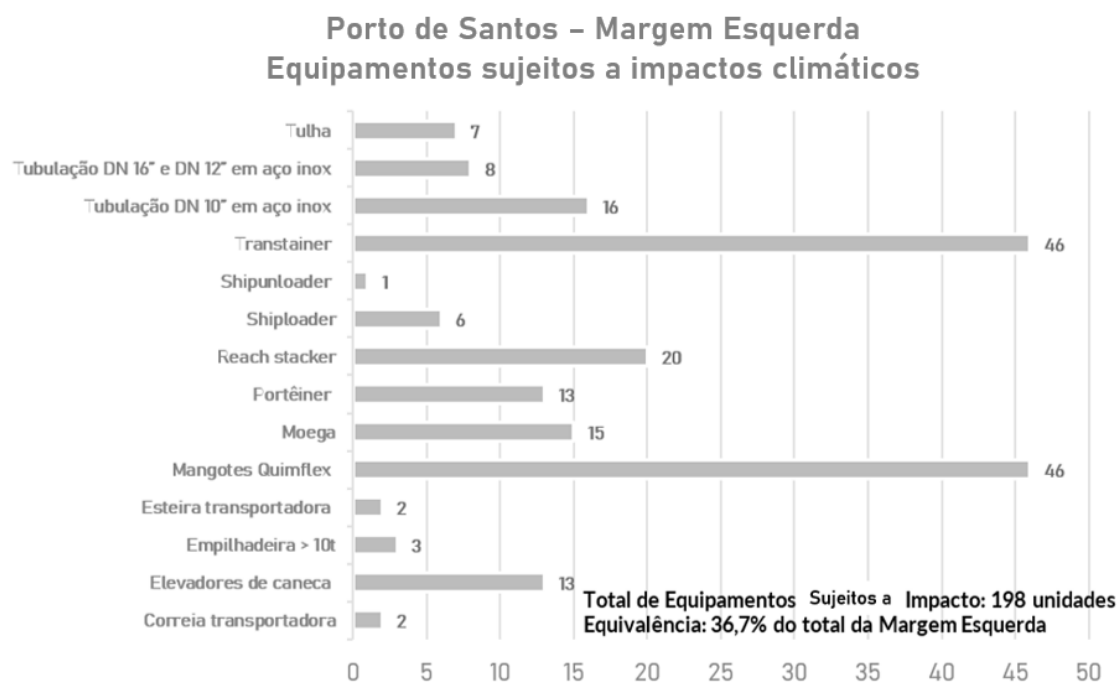
Alerta-se que os quantitativos de equipamentos relacionados aos terminais de granéis líquidos, como mangotes e tubulações, não indicam a extensão dos tubos, sendo inferido aqui que esses valores são relativos ao quantitativo de circuitos dutoviários. Nesse mesmo contexto, estão as esteiras e transportadores contínuos, sendo indicados os números de linhas e não a extensão propriamente dita.

Figura 41: Histograma quantitativo absoluto dos equipamentos sujeitos a impactos climáticos no Porto de Santos, Margem Direita e Margem Esquerda



Fonte: Elaboração própria como base em MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA (2019).

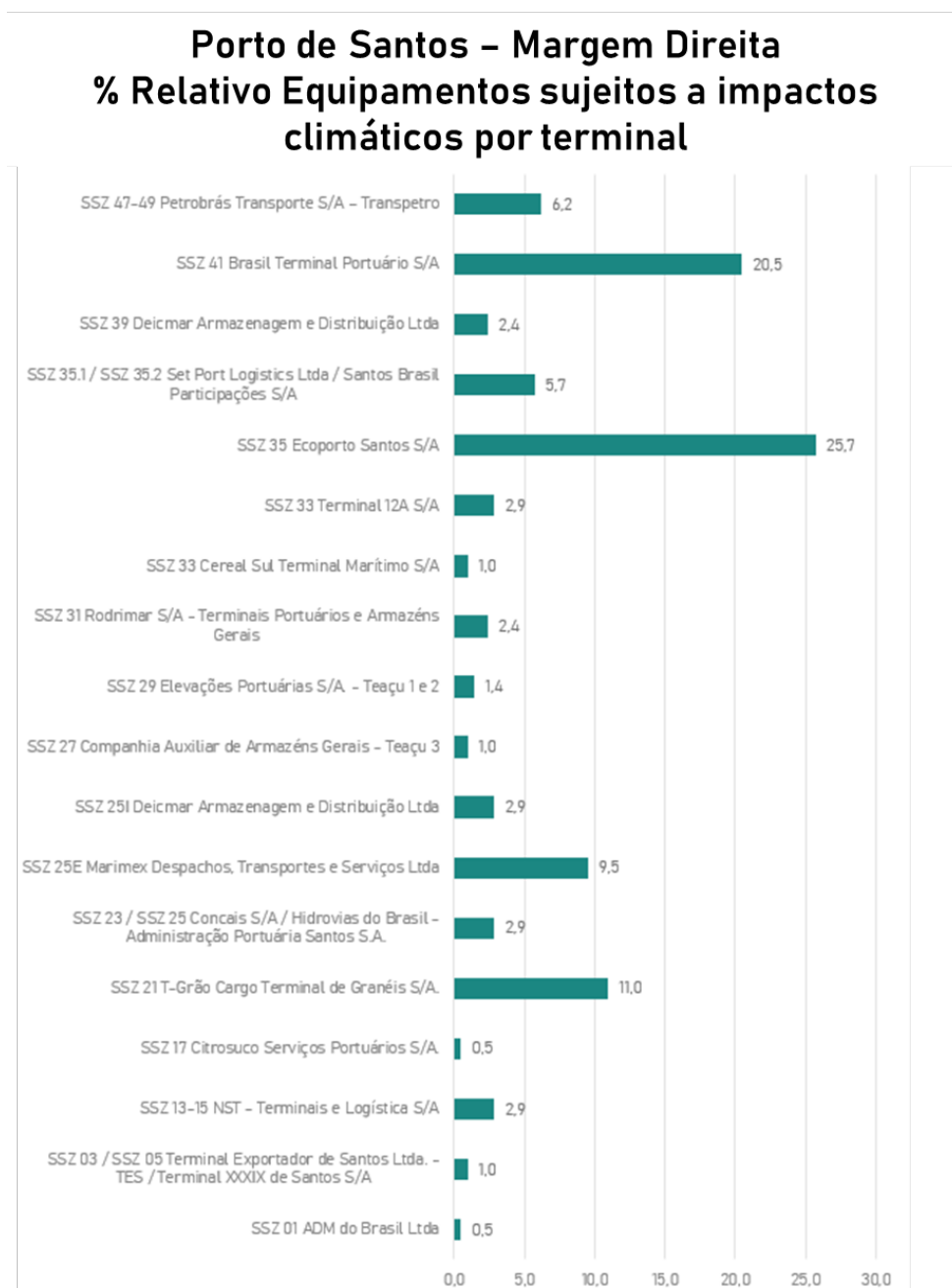
Figura 42: Histograma quantitativo absoluto dos equipamentos sujeitos a impactos climáticos no Porto de Santos, Margem Esquerda



Fonte: Elaboração própria como base em MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA (2019).

A partir da investigação desse quantitativo de equipamentos segmentado por operadores instalados na Margem Direita, constata-se uma maior participação dos terminais de contêineres, SSZ 41 Brasil Terminal Portuário e SSZ 35 Ecoporto Santos, com 20,5% e 25,7% relativamente (Figura 43).

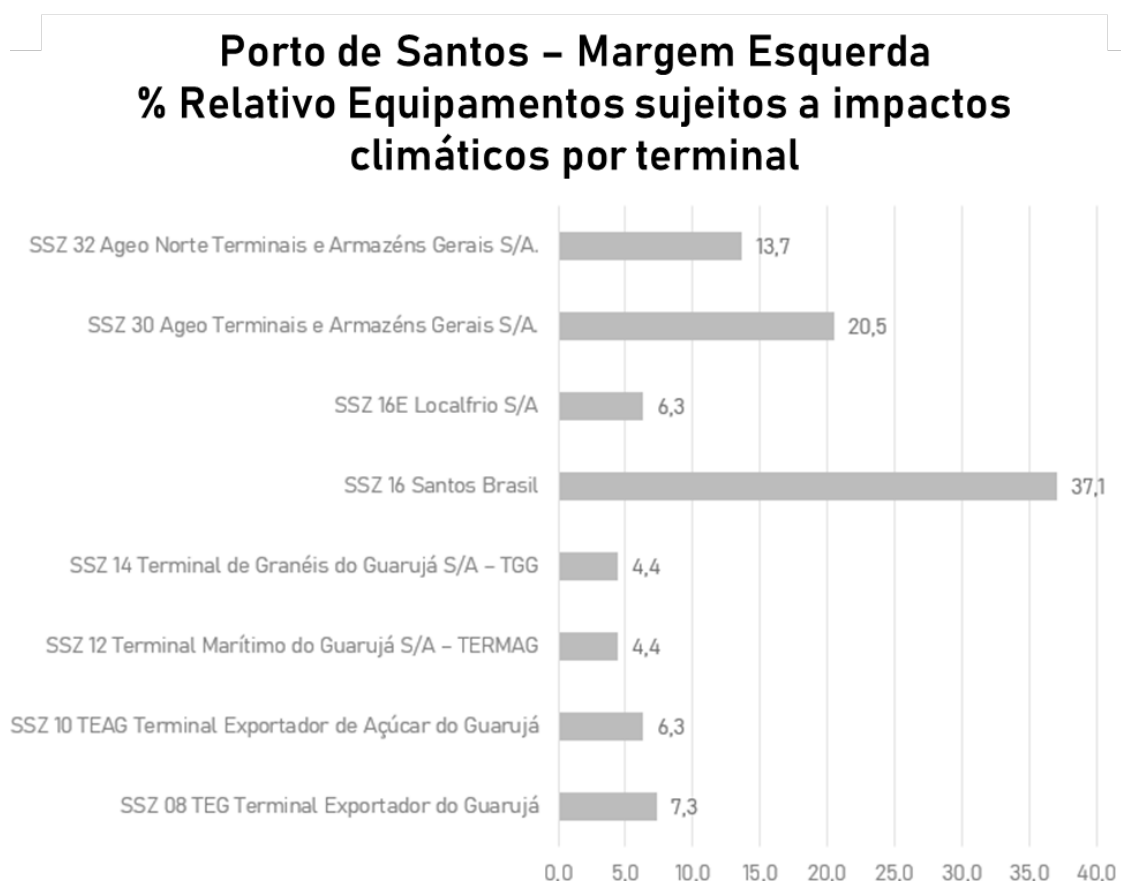
Figura 43: Histograma quantitativo relativo dos equipamentos sujeitos a impactos climáticos na Margem Direita



Fonte: Elaboração própria com base em MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA (2019)

Quanto à Margem Esquerda, também se percebe um quantitativo maior de equipamentos para o terminal de contêineres, SSZ 16 Santos Brasil com 37,1 (Figura 44).

Figura 44: Histograma quantitativo relativo dos equipamentos sujeitos a impactos climáticos na Margem Esquerda



Fonte: Elaboração própria com base em MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA (2019)

Enfatiza-se aqui que essa avaliação representa apenas um quantitativo dos equipamentos, com alguma probabilidade de impacto estrutural ou operacional devido a eventos climáticos severos. Porém, esses dados não isentam a necessidade de avaliação individual de cada equipamento, mensurando estado de conservação, manutenção e fragilidade crítica aos eventos climáticos.

Uma severa restrição dessa análise refere-se à indisponibilidade da descrição de marca, modelo e idade dos equipamentos para graneis líquidos. Somente os “Braços de Carregamento Marítimo” declarados no SSZ 47-49 Petrobrás Transporte (Transpetro), no terminal da Alemoa, contam com a descrição de Fabricante, Modelo e Ano de Fabricação.

Na Ilha Barnabé, os operadores SSZ 30 Ageo Terminais e Armazéns Gerais e SSZ 32 Ageo Norte Terminais e Armazéns Gerais possuem descrição de Fabricante e Modelo das tubulações e mangotes.

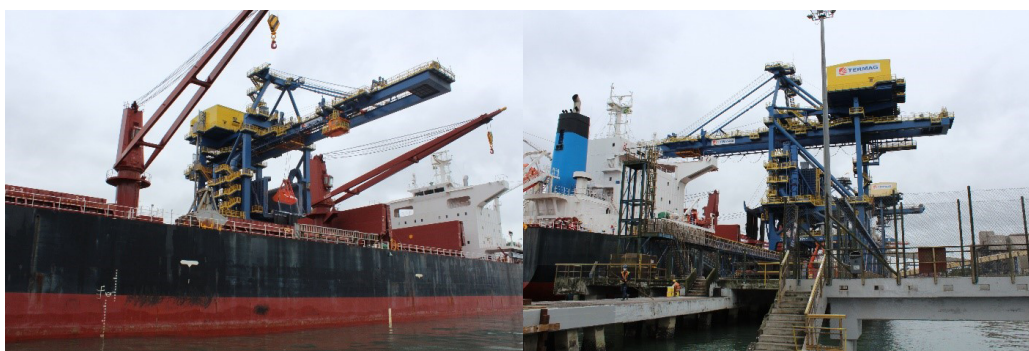
As Figuras 45, 46 e 47 apresentam fotos de alguns equipamentos do porto, tiradas durante a visita técnica.

Figura 45: Portainer SSZ 41 Brasil Terminal Portuário



Fonte: acervo próprio.

Figura 46: Shipunloader com grab SSZ 12 Terminal Marítimo do Guarujá



Fonte: acervo próprio.

Figura 47: Shiploader SSZ 27 Companhia Auxiliar de Armazéns Gerais – Teçu 3



Fonte: acervo próprio.

Quanto à infraestrutura de acessibilidade dos terminais do Porto de Santos percebe-se uma considerável presença do modo ferroviário. Praticamente todos os operadores de cargas granéis, tais como, fertilizantes, açúcar, soja, milho e farelos, contam com superestrutura ferroviária e áreas de transbordo para descarregamento e carregamento de vagões. Os operadores de contêineres no Guarujá contam com um ramal de acesso direto à área do terminal. Por outro lado, o Ecoporto Santos, conta com área remota de transferência de contêineres, ao lado oposto da Av. Eng. Antônio Alves Freire, necessitando de caminhões para realizá-lo.

Conforme o PDZ do Porto de Santos, o sistema ferroviário possui aproximadamente 100 km de via em bitolas métrica (1,00 m) e larga (1,60 m). A hierarquia do sistema é organizada em vias principais, secundárias e acesso aos operadores. A distribuição espacial dessas linhas conta com 75% da extensão na Margem Direita e 25% na Margem Esquerda.

Todos os operadores contam com acessibilidade rodoviária para o recebimento e expedição de cargas transbordadas “de” ou “para” navios. O fluxo viário no complexo portuário na Margem Direita ocorre pela SP-150 (Rodovia Anchieta) e por um complexo de vias formado por sistema arterial e interseções (em desnível e em nível), tendo fluxo de tráfego com destino ao terminal portuário compartilhado com o tráfego urbano da cidade de Santos. O acesso à Margem Esquerda (Guarujá) é realizado pela rodovia SP-55 (Rodovia Cônego Domenico Rangoni), um acesso à Ilha Barnabé e um complexo viário com confluência de tráfego urbano de Guarujá composto de avenidas arteriais. Para ambos os sistemas não há declaração da extensão total. Também não constam informações das extensões do sistema viário interno à área portuária e de acesso exclusivo a operadores e transportadores. O acesso à área portuária é realizado por um conjunto de 23 gates à Margem Direita e 4 gates à Margem Esquerda.

A Tabela 31 apresenta um sumário da acessibilidade terrestre dos terminais.

Tabela 31: Acessibilidade terrestre dos operadores portuários abordados no estudo

Operadores por Margem	Acesso	
	Ferrovário	Rodoviário
Margem Direita		
SSZ 01 – ADM do Brasil	X	X
SSZ 03 – TES Terminal Exportador de Santos	X	X
SSZ 05 – Terminal XXXIX de Santos	X	X
SSZ 11 – Fibria Terminal de Celulose de Santos SPE (Suzano)	X	X
SSZ 13-15 – NST Term. e Logística: Sucos Cítricos (Arm. 30) e Celulose (Arm. 31)	X	X
SSZ 17 – Citrosuco Serviços Portuários	-	X
SSZ 21 – T-Grão Cargo Terminal de Granéis	X	X
SSZ 23 – Concais	-	X
SSZ 25I – Deicmar Armazenagem e Distribuição	-	X
SSZ 25 – Hidrovias do Brasil - Administração Portuária Santos	X	X
SSZ 25E – Marimex Despachos, Transportes e Serviços	X	X
SSZ 27 – Teçu 3 - Companhia Auxiliar de Armazéns Gerais	X	X
SSZ 29 – Elevações Portuárias	X	X
SSZ 31I – Suzano	X	X
SSZ 31 – Rodrimar Terminais Portuários e Armazéns Gerais	X	X
SSZ 31E – Rishis Empreendimentos e Participações	X	X
SSZ 33 – Terminal 12 ^a	X	X

SSZ 33 – Cereal Sul Terminal Marítimo	X	X
SSZ 35 – TECON Ecoporto Santos	X (remoto)	X
SSZ 35.1 – Set Port Logistics	-	X
SSZ 35.2 – Santos Brasil Participações	-	X
SSZ 35.3 – TECON Brasil Terminal Portuário	-	X
SSZ 37 – TERMARES Terminais Marítimos Especializados	-	X
SSZ 39 – Deicmar Armazenagem e Distribuição	-	X
SSZ 41 – TECON Brasil Terminal Portuário	-	X
SSZ 47-49 – Petrobrás Transporte	-	X
Margem Esquerda		
SSZ 08 - TEG Terminal Exportador do Guarujá	X	X
SSZ 10 - TEAG Terminal Exportador de Açúcar do Guarujá	X	X
SSZ 12 - TERMAG Terminal Marítimo do Guarujá	X	X
SSZ 14 - TGG Terminal de Granéis do Guarujá	X	X
SSZ 16 – TECON Santos Brasil	X	X
SSZ 16F – TECON Frigoríficos – Localfrio	X	X
SSZ 18 – TECAR Terminal de Veículos de Santos	-	X

Fonte: Elaboração própria.

Ambas as infraestruturas de transporte terrestre contam com a possibilidade do aumento da demanda por manutenções de superestrutura devido à ação da água pluvial, a qual acelera o processo de deterioração de pavimentos.

Uma infraestrutura ferroviária sensível a possíveis alterações drásticas do nível do mar é observada na Margem Esquerda. Para transpor o Canal de Bertioiga, há uma ponte de 1.800 m de extensão, entre o TUP da DP World Santos e o bairro Vicente de Carvalho, ao lado da Base Aérea de Santos, conforme observado na Figura 48.

Figura 48: Ponte ferroviária sobre o Canal de Bertioiga



Fonte: acervo próprio.

Em suma, as infraestruturas a serem utilizadas na definição do nível de severidade e, posteriormente, na matriz de risco são apresentadas a seguir pela Tabela 32:

Tabela 32: Infraestruturas avaliadas na definição de pontuação de severidade para o Porto de Santos

Infraestrutura	Observações
Canal Externo	-
Canal Interno	-
Bacia de Evolução	-
Sinalizações Náuticas	-
Berços	Localizado nos píeres
Edificações	Relativo aos prédios administrativos e operacionais sem função de armazenamento
Infraestrutura de Armazenamento	Relativo a armazéns e pátios destinados ao armazenamento de neogranéis
Equipamentos de Içamento	Compreende a guindastes instalados nos berços ou nas próprias embarcações. Também compreende as rampas de acesso as embarcações
Empilhadeiras	Relativo as empilhadeiras, equipamentos de elevação pantográfica de colaboradores e veículos de apoio de pátio
Transportador Contínuo	Relativo a dutovias, tubulações, válvulas de alívio, registros de operação, filtros, painéis de comando, infraestrutura civil de suporte
Acesso Viário	Sistema viário e ramal ferroviário interno ao terminal

Fonte: Elaboração própria.

4.3.2. Interação entre as infraestruturas e as ameaças climáticas

A interação entre as infraestruturas e ameaças climáticas busca responder à seguinte pergunta norteadora:

- “Existe interação entre a infraestrutura X e a ameaça climática Y?”

Conforme percorrido na “Seção 4.1.5. Identificação da relação entre infraestruturas e ameaças climáticas”, os terminais do Porto de Santos contam com relações de danos operacionais e danos de infraestrutura relacionados a eventos climáticos críticos, ilustrados em tabelas, para alguns terminais, por categoria de carga.

Por exemplo, os aspectos da integração física dos equipamentos móveis destinados à transferência de carga entre o terminal, armazéns ou pátios para os navios apresentam características díspares quanto à sua interação com as ameaças climáticas. No caso das empilhadeiras convencionais de garfo, empilhadeiras de vazio, transportadores de pátio para contêineres, reach stacker, veículos de apoio operacional, plataformas elevatórias móveis, escavadeiras, retroescavadeiras e demais veículos que contam com mobilidade pela estrutura viária do terminal, são facilmente desmobilizados para locais seguros durante eventos extremos, resguardando-os dos efeitos danosos de vendavais, tempestades e inundações. Considerou-se também a ocorrência de casos de quedas de contêineres, cargas e objetos ou colisões de embarcações nesses equipamentos móveis, as quais poderiam resultar em avarias.

Quando observados os equipamentos de maior porte, sendo eles fixos ou móveis sobre trilhos, instalados na linha do cais e píer, tais como, guindaste portuário, grua convencional, portainer,

transtainer, shipunloader com grab, shiploader, essa desmobilização é inexistente e, portanto, estão susceptíveis à interação com algumas ameaças. Percebe-se que, do ponto de vista da Engenharia Mecânica, esses equipamentos são dimensionados para suportar as cargas operacionais dentro de condições climáticas adversas com uma margem de segurança estabelecida pelo projetista. Por se tratar de equipamentos com grande porte e volume, contam com área vélica suscetível à ação de ventos e tempestades, e, assim, apresentam parâmetros limites para garantir a segurança do operador, da operação em si e, em condições mais severas, da própria integridade estrutural do equipamento.

O conjunto dos equipamentos móveis e fixos descritos anteriormente também podem ser afetados por condições climáticas não severas, porém com capacidade de afetar a integridade e a qualidade das cargas e mercadorias processadas. Temos como exemplo que a simples possibilidade da ocorrência de precipitações pluviométricas acarreta a paralisação do processo de embarque e desembarque de grãos sólidos como soja, milho, cevada, farelos e açúcares devido ao risco de fermentação, proliferação de fungos e deterioração biológica da carga. Também alguns fertilizantes são sensíveis à água devido à solubilidade dos componentes químicos.

As demais infraestruturas de conexão de cargas entre os terminais e os porões dos navios são complementadas pelos transportadores contínuos, tubulações/dutovias, realizando a movimentação de grãos sólidos, grãos líquidos e gasosos. Essas infraestruturas são instaladas sobre treliças espaciais e pórticos ou afixados sobre as pontes de acesso aos píeres. A fragilidade dessas estruturas refere-se ao aumento do nível do mar, podendo o Nível d'Água de projeto dessas estruturas ficarem submersas, demandando assim a construção de novas estruturas e a realocação das tubulações e transportadores contínuos em alturas que sobreponha o nível do mar e das ressacas.

Outras possibilidades de impacto nessa infraestrutura é a colisão de embarcações à deriva devido a rajadas críticas e o arranque por empuxo de rajadas de vento dos sistemas de telhados e coberturas das linhas dos transportadores contínuos.

As inundações decorrentes do aumento do nível do mar podem causar primeiramente uma ideia positiva quanto ao aumento das profundidades disponíveis em Canais de Acesso e Baías de Evolução. Ocorre, porém, que o “lado terra” das poligonais portuárias poderá sofrer os maiores impactos financeiros devido a inundação permanente, considerando perda de área da poligonal, necessidade de realocação, construção e reposicionamento de armazéns, equipamentos portuários e infraestrutura de acostagem de embarcações. Para evitar essas condições críticas, poder-se-á necessitar a construção de sistemas de polderes, molhes, sistemas moto-bombas e comportas para o controle do nível das cotas operacionais dos terminais.

As inundações pluviais também são preocupantes, pois em condições críticas elas podem saturar a capacidade de projeto dos sistemas de drenagem de pátios de contêineres e carga, linhas de cais, sistemas viários e áreas adjacentes aos equipamentos de armazenagem. O próprio aumento da cota freática do subsolo e a saturação devido à baixa drenagem podem acarretar perda física de resistência de solos, possibilitando assim o surgimento de recalques diferenciais acelerados em pilares de armazéns, instabilidade de taludes ou recalques de aterros de linhas de cais, sendo nos piores casos, a ocorrência de colapso estrutural dessas infraestruturas.

Quanto ao aumento dos períodos de ocorrência e da intensidade desses eventos climáticos adversos, ter-se-ia um acréscimo de paralisações impostas pela Capitania dos Portos. Isso ocorreria devido à priorização da segurança e integridade das embarcações e dos movimentos de entrada, saída, acostagem, desacostagem, manobras e fundeio frente aos eventos extremos do clima. Por consequência, essas paralisações acarretam aumentos de custo logístico sistêmico do complexo portuário, podendo acarretar multas de demurrage (sobre-estadia), cancelamento de embarque e em situações mais severas e adversas, a perda de escala operacional do terminal portuário.

Partindo do pressuposto de que a infraestrutura de Engenharia Portuária de acostagem, defensas, dolphins e de proteção contam com boas práticas de manutenção, conservação e utilização da estrutura para a “embarcação tipo” que foi projetada, as probabilidades de danos à infraestrutura devido a eventos climáticos como ventos, rajadas e ondas são menores. Porém, essa infraestrutura não está livre de inundações e da elevação do nível do mar, que podem gerar sobrepressão em taludes e causar patologias funcionais ou colapso de estruturas.

Quanto ao canal de acesso, pode ser afetado pelas ameaças climáticas destacadas na Tabela 2, enquanto os elementos que afetam a Bacia de Evolução são apontados na Tabela 34.

Tabela 33: Potenciais impactos climáticos nos canais de acesso

		Dano Operacional			Dano Infraestrutura		
		Interrupção do Tráfego no Canal	Redução da estiva dos navios*	Encalhe de Embarcações*	Desconformação geométrica (redução calado)	Rompimento ancoragem das bóias/balizamento	Dano funcional a faróis, sinalização e balizamento
Evento Climático	Chuva Persistente		X	X	X		
	Chuva Forte	X	X	X	X		
	Vento Fraco						
	Vento Moderado	X			X	X	X
	Vento Forte	X		X	X	X	X
	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar					X	X

*Este impacto decorre de sedimentação no canal devido a processos erosivos ou de carreamento de material particulado ao canal por meio de bacias de contribuição.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 34: Potenciais impactos climáticos nas bacias de evolução

		Dano Operacional			Dano Infraestrutura	
		Interrupção das manobras das embarcações	Redução da estiva dos navios*	Encalhe de Embarcações*	Desconformação geométrica (redução calado)	Desconformação geométrica (planimetria)
Evento Climático	Chuva Persistente		X	X	X	X
	Chuva Forte	X	X	X	X	X
	Vento Fraco					
	Vento Moderado	X			X	X
	Vento Forte	X	X	X	X	X
	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar					

* Este impacto decorre de processos de sedimentação no canal devido a processos erosivos ou de carreamento de material particulado ao canal por meio de bacias de contribuição.

Fonte: Elaboração própria.

Outros elementos como Acostagem, Equipamentos, Armazenamento e Sistema Viário da Margem Direita podem ser acometidos pelas ameaças apresentadas na Tabela 35 e na Tabela 36.

Tabela 35: Potenciais impactos climáticos na Margem Direita

		Danos Operacionais			
		Acostagem	Equipamentos	Armazenamento	Sistema Viário
Evento Climático	Chuva Persistente		X		
	Chuva Forte	X	X	X	
	Vento Fraco	X	X		
	Vento Moderado	X	X	X	
	Vento Forte	X	X	X	X
	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar		X	X	X

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 36: Potenciais impactos causados na Margem Direita

		Danos às Infraestruturas			
		Acostagem	Equipamentos	Armazenamento	Sistema Viário
Evento Climático	Chuva Persistente				
	Chuva Forte				X
	Vento Fraco				
	Vento Moderado		X	X	
	Vento Forte		X	X	
	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar	X	X	X	X

Fonte: Elaboração própria.

Na Margem Esquerda, as relações entre eventos climáticos e Acostagem, Equipamentos, Armazenamento e Sistema Viário são apresentados na Tabela 37 e na Tabela 38.

Tabela 37: Potenciais impactos climáticos na Margem Esquerda

		Danos Operacionais			
		Acostagem	Equipamentos	Armazenamento	Sistema Viário
Evento Climático	Chuva Persistente		X	X	
	Chuva Forte		X	X	X
	Vento Fraco	X	X		
	Vento Moderado	X	X	X	
	Vento Forte	X	X	X	X
	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar		X	X	X

Fonte: Elaboração própria.**Tabela 38:** Potenciais impactos climáticos causados na Margem Esquerda

		Danos às Infraestruturas			
		Acostagem	Equipamentos	Armazenamento	Sistema Viário
Evento Climático	Chuva Persistente				
	Chuva Forte				X
	Vento Fraco				
	Vento Moderado		X	X	
	Vento Forte		X	X	
	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar	X	X	X	X

Fonte: Elaboração própria.

Importante ressaltar que, embora fosse objetivo desse produto avaliar o estado de conservação e a frequência de manutenção das infraestruturas portuárias e dos equipamentos, essas informações não foram encontradas nos programas das empresas arrendatárias e da Autoridade do Porto de Santos.

4.3.3. Escala de severidade

A escala de severidade busca responder à seguinte pergunta norteadora:

- Quais são os possíveis níveis de severidade (estrutural e operacional) que as infraestruturas podem sofrer?

A seguir são apresentadas as escalas de severidade validadas com o porto. As Tabelas 39 a 42 descrevem componentes específicos de severidade estrutural e operacional por perfil de carga, enquanto as Tabelas 43 e 44 englobam componentes comuns a todos operadores do complexo portuário, as quais independem do perfil carga.

Tabela 39: Escala de Severidade Estrutural para Granéis Sólidos, Líquidos e Gasosos

Nível de Severidade		ESCALA DE SEVERIDADE ESTRUTURAL	
		Granéis sólidos	Granéis Líquidos e Produtos Gasosos
1	Leve	Mais de 40% dos equipamentos de transferência entre recebimento terrestre (rodoviário, ferroviário, dutoviário) e armazéns apresentam paralisação inferior a 24 h.	Vistoria à rede dutoviária, filtros, registros, válvulas e piezômetros; Vistoria a tanques de armazenagem; e <u>Não há necessidade de intervenção de manutenção.</u>
2	Moderado	Mais de 40% dos equipamentos de transferência entre recebimento terrestre (rodoviário, ferroviário, dutoviário) e armazéns apresentam paralisação contínua superior a 24 h e inferior a 48h consecutivas; e Empoçamento de água de modo esparso com baixo nível e alto tempo de escoamento (túneis, balanças e elevadores).	Vistoria aponta necessidade de manutenção preventiva; Necessita realizar limpeza de filtros; Reaperto de flanges; Lubrificação de válvulas; e Supressão de oxidação e limpeza de componentes do sistema dutoviário.
3	Grave	Mais de 40% dos equipamentos de transferência entre recebimento terrestre (rodoviário, ferroviário, dutoviário) e armazéns apresentam paralisação contínua superior a 48 h e inferior a 72h consecutivas; e Empoçamento de água em grande volume e alto tempo de escoamento (túneis, balanças e elevadores).	Erosão de encostas/taludes na Ilha Barnabé.
4	Severo	Mais de 40% dos equipamentos de transferência entre recebimento terrestre (rodoviário, ferroviário, dutoviário) e armazéns apresentam paralisação contínua superior a 72 h e inferior a 168h consecutivas; Ocorrência de incêndios provenientes de descargas elétricas de baixo potencial e controle efetivo dos brigadistas.	Encostas/taludes na Ilha Barnabé instáveis com risco eminente de colapso.

5	Catastrófico	Mais de 40% dos equipamentos de transferência entre recebimento terrestre (rodoviário, ferroviário, dutoviário) e armazéns apresentam paralisação contínua superior a 168 h consecutivas; e Ocorrência de incêndios provenientes de descargas elétricas de potenciais médio ou alto, com controle efetivo e custoso dos brigadistas.	Colapso das encostas na Ilha Barnabé, com danos aos tanques.
---	---------------------	--	--

Fonte: elaboração própria.

Tabela 40: Escala de Severidade Estrutural para Contêineres e Celulose

Nível de Severidade		ESCALA DE SEVERIDADE ESTRUTURAL	
		Contêineres	Celulose
1	Leve	Recalque de solo em pátio de contêineres pouco pronunciado e sem risco para armazenamento e estruturas.	Empoçamento de água no sistema viário de acesso ao terminal e armazém; Deteção de pequena infiltração de água (gotejamento) no sistema de cobertura do armazém; e Demanda de vistoria de armazém, equipamentos e linha de cais.
2	Moderado	Danos como empoçamento de áreas do terminal, com possibilidade de gerar instabilidade do solo e aceleração de recalque por fuga de material; Reparos de equipamentos e edificações/estruturas realizados por equipe própria ou terceira em um período de 24 h a 48 h. Essa manutenção não impacta na operação de cais (produtividade de navio); Reparos mais simples, como remoção de árvore tombada, realizados por equipe especializada em período de até 24 h. Essa manutenção não impacta na operação de cais (produtividade de navio); e Danos à infraestrutura não causam risco de comprometimento estrutural. Porém demanda paralisação de operações por até 4h, para ocorrência da manutenção e limpeza.	Infiltração de água pelo sistema de cobertura do armazém, comprometendo parcialmente o uso do armazém; e Demanda de vistoria de cabeamento de ancoragem de navio ao berço.
3	Grave	Danos à infraestrutura causam risco de comprometimento estrutural. Demanda paralisação de operações de 4 h a 8 h, para ocorrência da manutenção e limpeza; Danos causados a portêineres (STS) e scanner exigem manutenção corretiva executada em até 8h; e Recalque acentuado de solo em pátios e cais com geração de instabilidade de pilhas de armazenamento, gerando danos estruturais nas edificações e impossibilidade de tráfego de equipamentos.	Infiltração de água pelo sistema de cobertura do armazém, comprometendo o uso do armazém por até 8 h; Empoçamento de água no sistema viário, comprometendo os componentes elétricos da balança de pesagem de veículos rodoviários por até 12 h; Necessidade de manutenção preventiva não programada do sistema de içamento.
4	Severo	Danos à infraestrutura causam risco de comprometimento estrutural. Demanda paralisação de operações de 8 h a 12 h, para ocorrência da manutenção e limpeza; Danos causados a portêineres (STS) e scanner apresentam manutenção corretiva executada entre 8h a 12h; e Recalque acentuado de solo em pátios e cais com geração de instabilidade de pilhas de armazenamento, gerando danos estruturais que obrigam a suspensão de atividades por perda de função e de segurança.	Infiltração de água pelo sistema de cobertura do armazém, comprometendo o uso do armazém por até 12 h; Empoçamento de água no sistema viário, comprometendo os componentes elétricos da balança de pesagem de veículos rodoviários por período de 12 a 24 h; Recalques ou patologias na superfície do cais, impossibilitando o tráfego de empilhadeiras; Demanda de manutenção corretiva de equipamentos de içamento.

5	Catastrófico	Danos à infraestrutura causam risco de comprometimento estrutural. Demanda paralisação de operações de 12 h a 24 h, para ocorrência da manutenção e limpeza;	Colapso estrutural de equipamentos de içamento;
		Colapso estrutural de portêineres;	Infiltração de água pelo sistema de cobertura do armazém, comprometendo o uso do armazém por até 24 h;
		Colapso estrutural de cais;	Empoçamento de água no sistema viário, comprometendo os componentes elétricos da balança de pesagem de veículos rodoviários por período superior a 24 h;
		Colapso estrutural do pátio de contêineres;	Colapso estrutural de cobertura ou paredes de fechamento do armazém.
		Perda total de equipamentos de pátio, destinados ao içamento e movimentação de contêineres.	

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 41: Escala de Severidade Operacional para Granéis Sólidos, Líquidos e Gasosos

Nível de Severidade		ESCALA DE SEVERIDADE OPERACIONAL	
		Granéis sólidos	Granéis Líquidos e Produtos Gasosos
1	Leve	Paralisação de recebimento de graneis agrícolas dos canais terrestres (rodoviário e ferroviário) em período inferior a 12h; e As interrupções ocorridas não comprometem: (a) a programação dos embarques do terminal em duas semanas após o evento; (b) o recebimento de mercadoria por via terrestre, dentro do próprio mês de ocorrência do evento. Esses eventos não alteram o planejamento semanal do operador.	Impraticabilidade parcial da barra para navios com entrada ou saída dos píeres na Alemoa e Ilha Barnabé, para navios com obstrução à linha de visada entre o passadiço e a proa conforme critérios normativos.
2	Moderado	Inibição na totalidade a operação de processamento de navios de graneis sólidos; As interrupções ocorridas não comprometem: (a) a programação dos embarques do terminal dentro do próprio mês; (b) o recebimento de mercadoria por via terrestre, dentro do próprio trimestre, decorrente de paralisação superior a 2 semanas. Esses eventos alteram o planejamento mensal do operador; Interrupção das vias de acesso terrestre ao terminal ou sobre-estadias de caminhões sem afetar a operação, em períodos de menos de 1 dia por via férrea ou rodoviária;	Inibição da operação de graneis líquidos, atingindo 50% dos volumes a serem processados.
3	Grave	Inibição na totalidade à operação de processamento de navios de graneis sólidos; Interdições superiores a 30 dias acarretam: (a) comprometimento do embarque de navios no período mensal; (b) comprometimento do recebimento terrestre do terminal, com paralisação superior a 6 meses e interrupção das atividades portuárias. Necessidade de alteração do planejamento semestral; e Interrupção das vias de acesso terrestre ao terminal em períodos superiores a 1 dia por via férrea ou rodoviária.	Inibição da operação de graneis líquidos, atingindo de 50% a 60% dos volumes a serem processados.
4	Severo	Inibição na totalidade a operação de processamento de navios de graneis sólidos; Interdições sucessivas ou superiores a 60 dias com impacto no negócio. No caso do açúcar, acarreta a total paralisação do terminal marítimo no período de uma safra, porém sem afetar ativos da companhia. Necessidade de alteração do planejamento anual; e Paralisação operacional total de correias transportadoras, de abastecimento das moegas.	Inibição da operação de graneis líquidos, atinge de 60% a 80% dos volumes a serem processados.

5	Catastrófico	Inibição na totalidade da operação de processamento de navios de grãos sólidos; e Interdição superior a 90 dias impossibilitam a execução do plano anual de embarque. No caso do açúcar, há paralisação do terminal por uma safra (ou mais) afeta na perda de ativos da companhia.	Inibição na totalidade do processamento de navios de grãos líquidos e gasosos.
---	--------------	--	--

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 42: Escala de Severidade Operacional para Contêineres e Celulose

Nível de Severidade		ESCALA DE SEVERIDADE OPERACIONAL	
		Contêineres	Celulose
1	Leve	Demanda monitoramento das condições climáticas.	Necessita atenção na operação de processamento de navios com celulose, demandando proteção de carga.
2	Moderado	Redução da produtividade de Gate em 10% ou 3 movimentos por hora devido a condições climáticas adversas.	Paralisação total da operação de processamento de navios com embarque de celulose durante um período de 6 h a 24 h.
3	Grave	Redução da produtividade de Gate em 20% ou 6 movimentos por hora devido a condições climáticas adversas; Paralisação das atividades de pátio e/ou cais (embarque em navio) por até 2 h; e Deslocamento involuntário de equipamentos portuários e queda de contêineres.	Paralisação total da operação de processamento de navios com embarque de celulose durante um período de 24 e 48 h.
4	Severo	Paralisação de Gate devido a condições climáticas adversas e consequente falta de caminhões acessando o terminal; Paralisação das atividades de pátio e/ou cais (embarque em navio) entre 2 h a 4 h; e Danos pessoais e materiais causados por deslocamento involuntário de equipamentos portuários e queda de contêineres.	Paralisação total da operação de processamento de navios com embarque de celulose durante um período de 48 h a 7 dias.
5	Catastrófico	Paralisação total da operação de processamento de navios de contêineres; Paralisação das atividades de pátio e/ou cais (embarque em navio) superior a 4 h; e Danos pessoais e materiais de causados por queda de equipamentos e de contêineres no mar devido a deslocamento involuntário.	Paralisação total da operação de processamento de navios de celulose e automóveis por mais de 7 dias.

Fonte: Elaboração própria.

A seguir, apresenta-se uma estrutura descritiva que engloba características comuns a todos operadores do complexo portuário. Como apresentado anteriormente, esta escala serve para ser utilizada quando não há especificação da infraestrutura por perfil carga. As Tabela 43 e 44 apresentam os principais componentes desta análise. A escala aqui também é dividida entre danos operacionais e estruturais.

Tabela 43: Escala de Severidade Estrutural para características e danos comuns a todos operadores do complexo portuário

ESCALA DE SEVERIDADE ESTRUTURAL Características e danos comuns a todos os operadores do complexo portuário		
Nível de Severidade		Descrição
1	Leve	Necessidade de monitoramento das condições climáticas para operação e integridade física dos equipamentos portuários fixos, móveis ou de transferência de carga. Exige atendimento às bases normativas de Segurança de agentes internacionais, nacionais, Capitania dos Portos de São Paulo e Autoridade Portuária. A ação nos equipamentos não apresenta danos, exigindo somente a realização de vistoria da equipe do terminal; Restrição parcial do canal de navegação, por período de até 3 horas, decorrente de falha no posicionamento do balizamento ou de possíveis obstruções no canal de navegação; Nas demais infraestruturas, como pátios, armazéns, área de acostagem, sistema viário e cercamento, os danos não afetam a operação, meio ambiente e segurança, demandando somente vistoria da equipe operacional; Necessidade de alocação de equipe para realização de vistorias das instalações de cais, cabeamento de acostagem, transportadores contínuos, equipamentos de içamento/transferência e infraestrutura de armazenagem (silos, esferas, tanques, armazéns e pátios); Alocação de equipe para realização de serviços de varrição, limpeza, desobstrução de bueiros e bocas de lobo nos sistemas de drenagem de pátio, cais e sistema viário; Utilização de mão de obra própria do terminal/operador com baixíssimo custo. Custos dos danos estimados ao limite de R\$5 milhões para armazéns, pátios, silos, tanques, berços, transportadores contínuos, equipamentos de içamento e equipamentos de movimentação de carga. Reparos ocorrem em menos de 24h; Reparos necessários aos danos não afetam a operação de processamento de carga e descarga de navios. Manutenção é necessária para não acelerar o processo de deterioração da infraestrutura e prevenir danos à carga e insalubridade no ambiente de trabalho; e Avárias em telhados e cobertura de armazéns e transportadores contínuos, sem o arranque total do elemento. É possível verificar futuros pontos de infiltração de água ou de fragilidade estrutural quando a ocorrência de eventos mais severos.
2	Moderado	Necessidade de monitoramento das condições climáticas para operação e integridade física dos equipamentos portuários fixos, móveis ou de transferência de carga. Exige atendimento às bases normativas de Segurança de agentes internacionais, nacionais, Capitania dos Portos de São Paulo e Autoridade Portuária. A ação nos equipamentos apresenta danos, exigindo a realização de paralisação, vistoria e manutenção preventiva; Restrição parcial do canal de navegação, por período entre 3 e 12 horas, decorrente da existência de possíveis obstruções no canal de navegação; Restrição total do canal de navegação por período de até 6 horas, decorrente da presença de obstáculos que impedem o uso do canal (boia de sinalização, casco soçobrado, dentre outros), bem como avaria de navio relacionada com condição climática adversa; Utilização de mão de obra própria do terminal/operador com baixo custo. Custos dos danos estimados no intervalo de R\$5 a R\$15 milhões para armazéns, pátios, silos, tanques, berços, transportadores contínuos, equipamentos de içamento e equipamentos de movimentação de carga. Reparos ocorrem em 24 h a 48 h; Danos como: (a) arranque parcial de telhado e coberturas; (b) tombamento de árvores fora do raio de rede elétrica e estruturas; (c) inundações pluviais esparsas com baixo nível e alto tempo de escoamento; (d) colisão de navio com sinalização náutica; (e) estouro de cabos de amarração, sem deriva do navio.

3	Grave	Necessidade de monitoramento das condições climáticas para operação e integridade física dos equipamentos portuários fixos, móveis ou de transferência de carga. Exige atendimento às bases normativas de Segurança de agentes internacionais, nacionais, Capitania dos Portos de São Paulo e Autoridade Portuária. A ação nos equipamentos apresenta danos, exigindo a realização de paralisação, vistoria e manutenção corretiva leve; Restrição parcial do canal de navegação, por período entre 12 e 24 horas, decorrente da existência de possíveis obstruções no canal de navegação ou de falha no posicionamento do balizamento; Restrição total do canal de navegação por período entre 6 e 24 horas, decorrente da presença de obstáculos que impedem o uso do canal (boia de sinalização, casco soçobrado, dentre outros), bem como avaria de navio relacionada com condição climática adversa; Utilização de mão de obra própria do terminal/operador ou de empresa especializada, com custo médio. Custos dos danos estimados no intervalo de R\$15 a R\$50 milhões para armazéns, pátios, silos, tanques, berços, transportadores contínuos, equipamentos de içamento e equipamentos de movimentação de carga. Reparos ocorrem em prazo de 48 h a 7 dias; Quebra de estiva de navios (30% a 40%) devido à perda de profundidade do canal, ocasionando restrições de calado no canal de acesso e berços; Danos como: (a) arranque de telhado e coberturas; (b) tombamento de árvores no raio de rede elétrica e estruturas; (c) inundações pluviais contíguas com alto nível e alto tempo de escoamento; (d) perda de sinalização e balizamento náutico; (e) dificuldade de acesso ao terminal; (f) estouro de cabos de amarração, com deriva de navio; (i) encalhe de navio no berço ou canal; Reparos de equipamentos e edificações/estruturas realizadas por equipe própria ou terceirizada em período de 48h a 7 dias, <u>sem impactos na operação de cais (produtividade de navio)</u>;
4	Severo	Necessidade de monitoramento das condições climáticas para operação e integridade física dos equipamentos portuários fixos, móveis, de transferência de carga. Exige atendimento as bases normativas de Segurança de agentes internacionais, nacionais, Capitania dos Portos de São Paulo e Autoridade Portuária. A ação nos equipamentos apresenta danos funcionais reparáveis, exigindo a realização de paralisação, vistoria e manutenção corretiva severa; Restrição parcial do canal de navegação, por período superior a 24 horas, decorrente de falha no posicionamento do balizamento ou da existência de possíveis obstruções no canal de navegação; Restrição total do canal de navegação por período entre 1 e 7 dias, decorrente da presença de obstáculos que impedem o trânsito no canal (boia de sinalização, casco soçobrado, dentre outros), bem como avaria de navio relacionada com condição climática adversa; Utilização de mão-de-obra de empresa especializada, com custo alto. Custos dos danos estimados no intervalo de R\$50 a R\$100 milhões para armazéns, pátios, silos, tanques, berços, transportadores contínuos, equipamentos de içamento e equipamentos de movimentação de carga. Reparos em equipamentos ocorrem em prazo de 7 dias a 6 meses. Reparos para infraestrutura civil e portuária superior a 1 ano. Manutenção de equipamentos e infraestrutura em área coberta ocorrem em prazos superiores a 3 meses; Quebra de estiva de navios (41% a 50%) devido à perda de profundidade do canal, ocasionando restrições de calado no canal de acesso e berços; Danos ocasionados a infraestrutura causam colapso estrutural. Reparo de equipamentos e edificações/estruturas sem prazo definido para execução, devido à complexidade ou indisponibilidade momentânea de materiais no mercado local; Danos como: (a) colapso de armazéns; (b) colapso de estruturas portuárias de berço e cais; (c) colapso de canal de acesso e bacias de evolução; (d) colapso de transportadores contínuos; (e) adornamento e capotamento de navio sem impacto ambiental e risco de explosão; (f) inundações pluviais contíguas constantes com deterioração do sistema de drenagem, sistema viário, pátios, túneis, balanças e moegas; (g) <u>perda funcional com colapso da superestrutura de sistema viário interno ao porto.</u>

5	Catastrófico	Necessidade de monitoramento das condições climáticas para operação e integridade física dos equipamentos portuários fixos, móveis, de transferência de carga. Exige atendimento as bases normativas de Segurança de agentes internacionais, nacionais, Capitania dos Portos de São Paulo e Autoridade Portuária. A ação nos equipamentos apresenta danos estruturais e funcionais irreparáveis, exigindo a paralisação imediata. Nos equipamentos, a manutenção corretiva não apresenta viabilidade econômica, sendo necessário aquisição de novos equipamentos. As infraestruturas civis e portuárias, devido ao colapso, necessitam reconstrução; Utilização de mão-de-obra de empresa especializada, com custo altíssimo. Custos dos danos estimados superior a R\$100 milhões para armazéns, pátios, silos, tanques, berços, transportadores contínuos, equipamentos de içamento e equipamentos de movimentação de carga. Reparos em equipamentos ocorrem em prazo superior a 6 meses e reparos para infraestrutura civil e portuária com prazo superior a 1 ano. . Além disso, ocorre a manutenção de equipamentos e infraestrutura em área coberta em prazos superiores a 3 meses. Necessária a reconstrução total da infraestrutura afetada. Necessária a aquisição de novos equipamentos de içamento de carga e transportadores contínuos; e Danos como: (a) colapso total de armazéns, estruturas portuárias de berço/cais, canal de acesso e bacias de evolução, transportadores contínuos e equipamentos de içamento; (b) encalhe ou naufrágio de navio com impacto ambiental e risco de explosão; (c) inundações pluviais com danos colapsáveis de estruturas e equipamentos.
---	--------------	--

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 44: Escala de Severidade Operacional para características e danos comuns a todos operadores do complexo portuário

ESCALA DE SEVERIDADE OPERACIONAL Características e danos comuns a todos os operadores do complexo portuário		
Nível de Severidade		Descrição
1	Leve	Impraticabilidade parcial da barra em decorrência de baixa visibilidade, por período de até 3h; Impraticabilidade parcial da barra por período de até 3h decorrente de redução temporária de calado; Condições climáticas adversas demandam/causam: (a) inspeções extras de porões navios atracados; (b) atraso na entrega de combustível a embarcações e equipamentos móveis de pátio; (c) alerta aos navegantes; (d) inibição do processamento de desatracação de navios aptos a partida; (e) atrasos nas operações das embarcações, não causando prejuízos como multas contratuais de sobre-estadia e <i>demurrage</i> de cargas e navios;
2	Moderado	Ocorrência de acidente de trabalho, com atendimento de primeiros socorros e sem fatalidade; Impraticabilidade parcial da barra por período entre 3 e 12 horas, decorrente a: (a) redução temporária de calado; ou (b) baixa visibilidade; Impraticabilidade total da barra por período de até 6 horas; Ocorrências de: (a) paralisação de trabalhos em altura, incluindo a operação de equipamentos de içamento e transferência de carga a navios; (b) atraso no acesso dos funcionários aos terminais; (c) oscilação de energia elétrica fornecida pela rede pública por apagão ou racionamento; (d) espera da Praticagem de Entrada ou Saída inferior a 4h; (e) espera de liberação climática para atracação ou desatracação; (f) filas nos fundeadouros com tempo de espera menor que 72h; (g) cancelamento do reabastecimento de combustível para navios.

3	Grave	Ocorrência de acidente de trabalho, com afastamento temporário do colaborador; Impraticabilidade parcial da barra por período entre 12 e 24 horas, decorrente a: (a) redução temporária de calado; ou (b) baixa visibilidade; Impraticabilidade total da barra por período entre 6 e 24 horas; Severos prejuízos financeiros oriundos da sobre-estadia de embarcações e cargas nos terminais dentro de nível admissível. Não há cancelamento da escala dos navios no Porto de Santos; Ocorrências de: (a) inacessibilidade dos funcionários aos terminais; (b) interrupção do fornecimento de energia elétrica pela rede pública por apagão ou racionamento inferior a 2h; (c) espera da Praticagem de Entrada ou Saída superior a 4h; (d) filas nos fundeadouros com tempo de espera entre 72h a 120h; (e) interrupção de embarque/desembarque de carga em navios por período inferior a 6h; (f) colisão de entre navios em passagem no canal com navio atracado, com interrupção do berço inferior a 6h; (g) rompimento parcial de estaiamentos com paralisação temporária das operações com tempo inferior a 3h.
4	Severo	Ocorrência de acidente de trabalho, apresentando casos das seguintes consequências: (a) afastamento definitivo de colaborador; (b) óbito de um colaborador; Rupturas contratuais na operação marítima para diversas categorias de cargas operadas no complexo portuário; Impraticabilidade parcial da barra por período superior a 24 horas, decorrente de: (a) redução temporária de calado; ou (b) baixa visibilidade; Perda da escala operacional nas rotas marítimas; Impraticabilidade total da barra por período entre 1 e 7 dias; Ocorrências de: (a) dispensa mão-de-obra portuária; (b) interrupção do fornecimento de energia elétrica pela rede pública por apagão ou racionamento entre 2h a 4h; (c) filas nos fundeadouros com tempo de espera superior a 120h; (d) colisão de entre navios em passagem no canal com navio atracado, com interrupção de berço superior a 6h; (e) interrupção de embarque/desembarque de carga em navios por período superior a 6h; (f) rompimento parcial de estaiamentos com paralisação temporária das operações com tempo superior a 3h; e; Impactos na operação e consequentemente na aderência de mão-de-obra portuária. Estivadores nas operações de embarque em número demasiado e ocioso, gerando necessidade de demissões e gerando passivo trabalhista.
5	Catastrófico	Requer monitoramento das condições climáticas para operação e integridade física dos equipamentos portuários fixos, móveis, de transferência de carga. Exige atendimento as bases normativas de Segurança de agentes internacionais, nacionais, Capitania dos Portos de São Paulo e Autoridade Portuária; Fechamento operacional de poligonais/setores do zoneamento portuário por longo período com longa estimativa de tempo de reabertura; Situação irreversível com penalidades comerciais severas; Ocorrência de acidente de trabalho com óbito de mais de um colaborador em evento coletivo; Impraticabilidade total da barra por período superior a 7 dias; e Ocorrências de: (a) interrupção do fornecimento de energia elétrica pela rede pública por apagão ou racionamento superior a 4h; (b) colisão de entre navios em passagem no canal com navio atracado, com interrupção de berço superior a 2 dias.

Fonte: Elaboração própria.

4.3.4. Classificação de Severidade

A classificação da severidade busca responder à seguinte pergunta norteadora:

- Caso haja interação entre a infraestrutura X e a ameaça climática Y, qual é o nível de severidade?

Após o estabelecimento da escala de severidade, a equipe consultora definiu o nível de severidade de cada infraestrutura em associação a uma ameaça climática. Para consolidar os dados, o Porto Organizado de Santos também contribuiu e validou os níveis de severidade pré-definidos pela consultoria.

Com essa avaliação, foram construídas as Tabela 45 a 52. Essas tabelas apresentam os níveis de severidade estrutural e operacional de cada infraestrutura do porto, respectivamente.

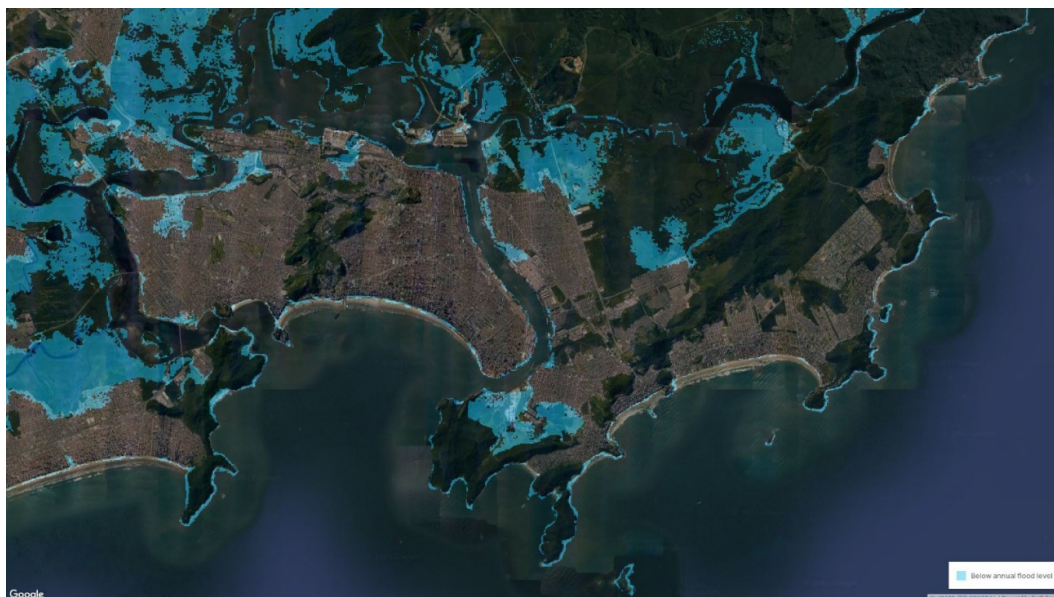
Os resultados preenchidos pela cor cinza ("S.I.") nas referidas tabelas revelam a falta de interação entre ambas as variáveis. Essa definição foi feita com base no conhecimento de clima e das infraestruturas portuárias da consultoria e validada pelo porto.

4.3.4.1. Contêineres

Para o perfil de carga tipo Contêineres, verifica-se que, para os níveis de severidade estrutural, a ameaça climática de maior destaque é a Chuva Forte. Considerando essa ameaça, as infraestruturas que atingiram o valor de severidade igual a 3 (Grave) foram Canal Interno, Canal Externo e Bacia de Evolução (Tabela 45). O mesmo ocorre para severidade operacional (Tabela 46).

Além da Chuva Forte, outra ameaça relevante é o Vento Forte, que pode afetar estruturalmente, em alguma medida, os Equipamentos de Içamento.

Apesar de apresentar nível de severidade igual a 1 em todas as interações que envolvem a ameaça de Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar, o Porto de Santos possui manchas de inundação que devem ser destacadas no planejamento das ações de adaptação frente às mudanças climáticas. A Figura 49 demonstra as áreas em que o porto é afetado pelas ressacas devido ao aumento de 0,2 m do nível do mar.

Figura 49: Área inundada para o cenário de altas emissões (SSP5-8.5) para o ano de 2050 para Santos

Fonte: Climate Central, 2022

Tabela 45: Nível de classificação evento-infraestrutura-severidade para Contêineres – severidade estrutural

NÍVEL DE SEVERIDADE ESTRUTURAL - CONTÊINERES						
Ameaças Climáticas	Chuva Forte	Chuva Persistente	Vento Forte	Vento Moderado	Vento Fraco	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar
Infraestrutura	Chuva acima de 15 mm	Chuva acima de 1 mm	Vento acima de 10m/s (36 km/h)	Vento acima de 7m/s (25,2 km/h)	Vento acima de 3m/s (10,8km/h)	Inundação de 0,2 m
Canal Externo	3	S.I.	1	1	1	S.I.
Canal Interno	3	S.I.	1	1	1	1
Bacia de Evolução	3	S.I.	1	1	1	1
Sinalização Náutica	S.I.	S.I.	1	1	S.I.	1
Berços	1	S.I.	1	1	S.I.	1
Edificações	1	S.I.	1	1	S.I.	1
Infraestrutura de Armazenamento	1	S.I.	1	1	S.I.	1
Equipamentos de Içamento	1	S.I.	2	1	S.I.	1
Empilhadeiras	1	S.I.	1	1	1	S.I.
Acesso Viário	2	S.I.	1	1	S.I.	1

1 Leve 2 Moderado 3 Grave 4 Severo 5 Catastrófico S.I. Sem Interação

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 46: Nível de classificação evento-operação-severidade para Contêineres – severidade operacional

NÍVEL DE SEVERIDADE OPERACIONAL - CONTÊINERES						
Ameaças Climáticas	Chuva Forte	Chuva Persistente	Vento Forte	Vento Moderado	Vento Fraco	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar
Infraestrutura	Chuva acima de 15 mm	Chuva acima de 1 mm	Vento acima de 10m/s (36 km/h)	Vento acima de 7m/s (25,2 km/h)	Vento acima de 3m/s (10,8km/h)	Inundação de 0,2 m
Canal Externo	3	S.I.	1	1	S.I.	S.I.
Canal Interno	3	S.I.	1	1	1	S.I.
Bacia de Evolução	3	S.I.	1	1	1	S.I.
Sinalização Náutica	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
Berços	S.I.	S.I.	1	1	1	1
Edificações	S.I.	S.I.	1	S.I.	S.I.	1
Infraestrutura de Armazenamento	2	S.I.	1	S.I.	S.I.	1
Equipamentos de Içamento	2	1	1	1	1	1
Empilhadeiras	1	1	1	1	1	S.I.
Acesso Viário	1	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	1

1 Leve
 2 Moderado
 3 Grave
 4 Severo
 5 Catastrófico
 S.I. Sem Interação

Fonte: Elaboração própria.

4.3.4.2. Granéis Líquidos e Produtos Gasosos

Sobre os perfis de carga de Granéis Líquidos e Produtos Gasosos, a ameaça Chuva Forte apresentou maior relevância dentro da análise de níveis de severidade estrutural e operacional. Ao se analisar a Tabela 47 e a Tabela 48, pode-se dizer que, associada a essa ameaça, as infraestruturas que atingiram um nível de severidade Grave foram Canais Interno e Externo e Bacia de Evolução.

Destaca-se ainda a interação de Vento Forte com Berços na análise de severidade operacional com nível de severidade Moderado.

Tabela 47: Nível de classificação evento–infraestrutura–severidade para Granéis Líquidos e Produtos Gasosos
– severidade estrutural

NÍVEL DE SEVERIDADE ESTRUTURAL – GRANÉIS LÍQUIDOS E PRODUTOS GASOSOS						
Amea- ças Climáticas	Chuva Forte	Chuva Per- sistente	Vento Forte	Vento Mode- rado	Vento Fraco	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Ní- vel do Mar
Infraestrutura	Chuva acima de 15 mm	Chuva acima de 1 mm	Vento acima de 10m/s (36 km/h)	Vento acima de 7m/s (25,2 km/h)	Vento acima de 3m/s (10,8km/h)	Inundação de 0,2 m
Canal Externo	3	S.I.	1	1	1	S.I.
Canal Interno	3	S.I.	1	1	1	1
Bacia de Evolu- ção	3	S.I.	1	1	1	1
Sinalização Náu- tica	S.I.	S.I.	1	1	S.I.	1
Berços	1	S.I.	1	1	S.I.	1
Edificações	2	S.I.	1	1	S.I.	1
Infraestrutura de Armazena- mento	1	S.I.	1	1	S.I.	1
Equipamentos de Içamento	1	S.I.	1	1	S.I.	1
Empilhadeiras	1	S.I.	1	1	1	1
Transportador Contínuo	1	S.I.	1	1	1	S.I.
Acesso Viário	2	S.I.	1	1	S.I.	1

1 Leve 2 Moderado 3 Grave 4 Severo 5 Catastrófico S.I. Sem Interação

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 48: Nível de classificação evento-operação-severidade para Granéis Líquidos e Produtos Gasosos – severidade operacional

NÍVEL DE SEVERIDADE OPERACIONAL – GRANÉIS LÍQUIDOS E PRODUTOS GASOSOS						
Ameaças Climáticas	Chuva Forte	Chuva Per-sistente	Vento Forte	Vento Mo-derado	Vento Fraco	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar
Infraestrutura	Chuva acima de 15 mm	Chuva acima de 1 mm	Vento acima de 10m/s (36 km/h)	Vento acima de 7m/s (25,2 km/h)	Vento acima de 3m/s (10,8km/h)	Inundação de 0,2 m
Canal Externo	3	S.I.	1	1	S.I.	S.I.
Canal Interno	3	S.I.	1	1	1	S.I.
Bacia de Evolu-ção	3	S.I.	1	1	1	S.I.
Sinalização Náu-tica	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
Berços	S.I.	S.I.	2	1	1	1
Edificações	S.I.	S.I.	1	S.I.	S.I.	1
Infraestrutura de Armazena-mento	2	S.I.	1	S.I.	S.I.	1
Equipamentos de Içamento	2	S.I.	1	1	1	1
Empilhadeiras	1	1	1	1	1	S.I.
Transportador Contínuo	1	S.I.* 1**	1	1	1	1
Acesso Viário	1	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	1

1 Leve 2 Moderado 3 Grave 4 Severo 5 Catastrófico S.I. Sem Interação

* Nota atribuída a Granéis Líquidos

** Nota atribuída a Produtos Gasosos

Fonte: Elaboração própria.

4.3.4.3. Granéis Sólidos

Avaliando os níveis de severidade para o perfil de carga Granéis Sólidos, nota-se que a ameaça climática de maior importância é a Chuva Forte. Observando as interações estruturais (Tabela 49) e operacionais (Tabela 50) existentes entre essa ameaça e as infraestruturas do porto, percebe-se que as infraestruturas da Bacia de Evolução e dos Canais Interno e Externo possuem um nível de severidade Grave.

Em relação especificamente à severidade estrutural, também pode-se dizer que as Edificações, os Equipamentos de Içamento, as Infraestruturas de Armazenamento são afetadas em alguma medida pela ameaça de Chuva Forte (Tabela 49). Já em relação à severidade operacional, a Chu-

va Persistente também possui relevância para o porto. Ao avaliar as interações associadas a essa ameaça, observou-se que Infraestruturas de Armazenamento, Equipamentos de Içamento e Transportador Contínuo apresentam um nível de severidade Moderado (Tabela 50).

Tabela 49: Nível de classificação evento–infraestrutura–severidade para Granéis Sólidos – severidade estrutural

Amea- ças Climáticas	v					
	Chuva Forte	Chuva Persistente	Vento Forte	Vento Moderado	Vento Fraco	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar
Infraestrutura	Chuva acima de 15 mm	Chuva acima de 1 mm	Vento acima de 10m/s (36 km/h)	Vento acima de 7m/s (25,2 km/h)	Vento acima de 3m/s (10,8km/h)	Inundação de 0,2 m
Canal Externo	3	S.I.	1	1	1	S.I.
Canal Interno	3	S.I.	1	1	1	1
Bacia de Evolução	3	S.I.	1	1	1	1
Sinalização Náutica	S.I.	S.I.	1	1	S.I.	1
Berços	1	S.I.	1	1	S.I.	1
Edificações	2	S.I.	1	1	S.I.	1
Infraestrutura de Armazenamento	2	S.I.	1	1	S.I.	1
Equipamentos de Içamento	1	S.I.	2	1	S.I.	1
Empilhadeiras	1	S.I.	1	1	1	S.I.
Transportador Contínuo	2	S.I.	1	1	1	S.I.
Acesso Viário	1	S.I.	1	1	S.I.	1

1 Leve 2 Moderado 3 Grave 4 Severo 5 Catastrófico S.I. Sem Interação

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 50: Nível de classificação evento-operação-severidade para Granéis Sólidos – severidade operacional

NÍVEL DE SEVERIDADE OPERACIONAL - GRANÉIS SÓLIDOS						
Ameaças Climáticas	Chuva Forte	Chuva Persistente	Vento Forte	Vento Moderado	Vento Fraco	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar
Infraestrutura	Chuva acima de 15 mm	Chuva acima de 1 mm	Vento acima de 10m/s (36 km/h)	Vento acima de 7m/s (25,2 km/h)	Vento acima de 3m/s (10,8km/h)	Inundação de 0,2 m
Canal Externo	3	S.I.	1	1	S.I.	S.I.
Canal Interno	3	S.I.	1	1	1	S.I.
Bacia de Evolução	3	S.I.	1	1	1	S.I.
Sinalização Náutica	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
Berços	S.I.	S.I.	1	1	1	1
Edificações	S.I.	S.I.	1	S.I.	S.I.	1
Infraestrutura de Armazenamento	1	2	1	S.I.	S.I.	1
Equipamentos de Içamento	1	2	1	1	1	1
Empilhadeiras	1	1	1	1	1	S.I.
Transportador Contínuo	2	2	1	1	1	1
Acesso Viário	1	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	1

1 Leve
 2 Moderado
 3 Grave
 4 Severo
 5 Catastrófico
 S.I. Sem Interação

Fonte: Elaboração própria.

4.3.4.4. Celulose

No que diz respeito ao perfil de carga Celulose, pode-se dizer que os níveis de severidade estrutural e operacional mais relevantes estão associados à ameaça de Chuvas Forte. Para os aspectos operacionais, acrescentam-se as ameaças Chuva Persistente e Vento Forte.

As infraestruturas que possuem maior grau de impacto associado à ameaça de Chuva Forte são Bacia de Evolução e Canais Interno e Externo. Em relação às outras ameaças citadas, para os dados estruturais, destacam-se os níveis de severidade nas interações que acontecem com Edificações e Infraestruturas de Armazenamento (Tabela 51). Para a severidade operacional, destacam-se as interações com Equipamentos de Içamento e Infraestruturas de Armazenamento (Tabela 52).

Tabela 51: Nível de classificação evento–infraestrutura–severidade para Celulose – severidade estrutural

NÍVEL DE SEVERIDADE ESTRUTURAL – CELULOSE						
ç as Amea- Cli- máticas	Chuva Forte	Chuva Per- sistente	Vento Forte	Vento Mode- rado	Vento Fraco	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Ní- vel do Mar
Infraestrutura	Chuva acima de 15 mm	Chuva acima de 1 mm	Vento acima de 10m/s (36 km/h)	Vento acima de 7m/s (25,2 km/h)	Vento acima de 3m/s (10,8km/h)	Inundação de 0,2 m
Canal Externo	3	S.I.	1	1	1	S.I.
Canal Interno	3	S.I.	1	1	1	1
Bacia de Evolu- ção	3	S.I.	1	1	1	1
Sinalização Ná- utica	S.I.	S.I.	1	1	S.I.	1
Berços	1	S.I.	1	1	S.I.	1
Edificações	2	S.I.	1	1	S.I.	1
Infraestrutura de Armazena- mento	2	S.I.	1	1	S.I.	1
Equipamentos de Içamento	1	S.I.	1	1	S.I.	1
Empilhadeiras	1	S.I.	1	1	1	S.I.
Acesso Viário	1	S.I.	1	1	S.I.	1

1 Leve 2 Moderado 3 Grave 4 Severo 5 Catastrófico S.I. Sem Interação

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 52: Nível de classificação evento–operação–severidade para Celulose – severidade operacional

NÍVEL DE SEVERIDADE OPERACIONAL – CELULOSE						
ç as Amea- Cli- máticas	Chuva Forte	Chuva Per- sistente	Vento Forte	Vento Mode- rado	Vento Fraco	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Ní- vel do Mar
Infraestrutura	Chuva acima de 15 mm	Chuva acima de 1 mm	Vento acima de 10m/s (36 km/h)	Vento acima de 7m/s (25,2 km/h)	Vento acima de 3m/s (10,8km/h)	Inundação de 0,2 m
Canal Externo	3	S.I.	1	1	S.I.	S.I.
Canal Interno	3	S.I.	1	1	1	S.I.

Bacia de Evolução	3	S.I.	1	1	1	S.I.
Sinalização Náutica	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
Berços	S.I.	S.I.	1	1	1	1
Edificações	S.I.	S.I.	1	1	S.I.	1
Infraestrutura de Armazenamento	2	2	1	1	S.I.	1
Equipamentos de Içamento	2	2	2	1	1	1
Empilhadeiras	1	1	1	1	1	S.I.
Acesso Viário	1	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	1

1 Leve 2 Moderado 3 Grave 4 Severo 5 Catastrófico S.I. Sem Interação

Fonte: elaboração própria.

4.4. Cálculo do Risco Climático

4.4.1. Matriz de Risco

Esse tópico pretende responder às seguintes perguntas norteadoras:

- “Qual é o nível de risco climático de cada infraestrutura portuária?”;
- “A quantidade de infraestruturas sob risco alto irá aumentar ou diminuir no futuro?”; e
- “Quais são as infraestruturas sob maior risco e por quê?”.

Considerando as informações dos levantamentos de probabilidade de ameaças climáticas, levantamento das infraestruturas portuárias e severidade e cálculo de risco climático a matriz de risco foi construída por perfil de carga e tipo de risco (operacional ou estrutural). Dentro de cada uma, verifica-se o nível de risco de cada interação ameaça climática-infraestrutura.

A descrição dos principais resultados é apresentada a seguir:

4.4.1.1. Contêineres

Risco estrutural: Em relação à matriz de risco estrutural de Contêineres, o maior risco é “médio” e é observado nas interações entre a ameaça climática de chuvas fortes e as infraestruturas do Canal Externo, interno, Bacia de Evolução e o Acesso Viário (Tabela 65).

Os principais danos associados a essa ameaça e infraestruturas dizem respeito a desconfor-

mação geométrica dos canais e da Bacia de Evolução. Para o Acesso Viário, quedas de árvores e a intensidade das chuvas podem gerar patologias na pavimentação.

Em ambos os impactos, o porto tem prejuízos relacionados à geração de custos adicionais de manutenção corretiva e reparo. Além disso, esses problemas estruturais podem levar a prejuízos operacionais devido a necessidade de inibir o deslocamento das cargas de contêineres.

Fatores de tempo e cenário de emissão não alteram o grau do risco observado nessa matriz.

Risco operacional: Nesta matriz de risco operacional, as ameaças de Chuva Persistente e Chuva Forte apresentam o maior grau de risco, que é “médio” (Tabela 66). De forma geral, as infraestruturas afetadas por chuvas fortes são o Canal Externo, interno, a Bacia de Evolução, as infraestruturas de armazenamento e os Equipamentos de Içamento. No que tange as chuvas persistentes, as empilhadeiras e também os Equipamentos de Içamento estão expostos.

Os principais impactos associados à primeira envolvem o fechamento da barra em decorrência a ausência de condições seguras à navegação, redução dos fatores de estiva com menor quantidade de carga transportada e redução da segurança durante a realização de trabalho manual por técnicos.

Para uma melhor compreensão sobre os fatores determinantes e as consequências do risco operacional “médio”, observe a Tabela 68.

Tabela 53: Risco estrutural para Contêineres

AVALIAÇÃO DE RISCO CLIMÁTICO DO PORTO DE SANTOS																																																													
Perfil de Carga: Contêineres																																																													
ID	INFRAESTRUTURA	ID	AMEAÇAS																																																										
			Chuva Forte								ID	Chuva Persistente								ID	Vento Forte								ID	Vento Moderado								ID	Vento Fraco								ID	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar													
																																																								Chuva acima de 20 mm:					
			Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	5	5	5	5	5	5	5		Probabilidade	1	1	1	1	1	1	1		Probabilidade	1	2	3	2	3	2	3		Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	1	1	1	2	2	2	2						
				Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5	2041-2060	SSP2	SSP5	2081-2100		Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5	2041-2060	SSP2	SSP5	2081-2100		Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5	2041-2060	SSP2	SSP5	2081-2100		Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5	2041-2060	SSP2	SSP5	2081-2100		Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5	2041-2060	SSP2	SSP5	2081-2100														
67	Canal Externo	67.1	Interação?	Sim								67.2	Interação?	Não								67.3	Interação?	Sim								67.4	Interação?	Sim								67.5	Interação?	Sim								67.6	Interação?	Não							
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade								
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	4	4		4	4	4	4	4	Risco	-	-	-		-	-	-	-					
68	Canal Interno	68.1	Interação?	Sim								68.2	Interação?	Não								68.3	Interação?	Sim								68.4	Interação?	Sim								68.5	Interação?	Sim								68.6	Interação?	Sim							
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	4	4		4	4	4	4	4	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
69	Bacia de Evolução	69.1	Interação?	Sim								69.2	Interação?	Não								69.3	Interação?	Sim								69.4	Interação?	Sim								69.5	Interação?	Sim								69.6	Interação?	Sim							
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	4	4		4	4	4	4	4	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
70	Sinalização Náutica	70.1	Interação?	Não								70.2	Interação?	Não								70.3	Interação?	Sim								70.4	Interação?	Sim								70.5	Interação?	Não								70.6	Interação?	Sim							
			Severidade										Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade										Severidade	1							
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	-	-		-	-	-	-	-	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
71	Berços	71.1	Interação?	Sim								71.2	Interação?	Não								71.3	Interação?	Sim								71.4	Interação?	Sim								71.5	Interação?	Não								71.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade										Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	-	-		-	-	-	-	-	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
72	Edificações	72.1	Interação?	Sim								72.2	Interação?	Não								72.3	Interação?	Sim								72.4	Interação?	Sim								72.5	Interação?	Não								72.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade										Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	-	-		-	-	-	-	-	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
73	Infraestrutura de Armazenamento	73.1	Interação?	Sim								73.2	Interação?	Não								73.3	Interação?	Sim								73.4	Interação?	Sim								73.5	Interação?	Não								73.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade										Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	-	-		-	-	-	-	-	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
74	Equipamentos de Lçamento	74.1	Interação?	Sim								74.2	Interação?	Não								74.3	Interação?	Sim								74.4	Interação?	Sim								74.5	Interação?	Não								74.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1									Severidade										Severidade	2									Severidade	1									Severidade										Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		2	2	2	2	2	2	2	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	-	-		-	-	-	-	-	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
75	Empilhadeiras	75.1	Interação?	Sim								75.2	Interação?	Não								75.3	Interação?	Sim								75.4	Interação?	Sim								75.5	Interação?	Sim								75.6	Interação?	Não							
			Severidade	1									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	4	4		4	4	4	4	4	Risco	-	-	-		-	-	-	-					
76	Acesso Viário	76.1	Interação?	Sim								76.2	Interação?	Não								76.3	Interação?	Sim								76.4	Interação?	Sim								76.5	Interação?	Não								76.6	Interação?	Sim							
			Severidade	2									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade										Severidade	1							
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	-	-		-	-	-	-	-	Risco	1	1	1		2	2	2	2					

Tabela 54: Risco estrutural para Contêineres

AVALIAÇÃO DE RISCO CLIMÁTICO DO PORTO DE SANTOS																																																													
Perfil de Carga: Contêineres																																																													
ID	INFRAESTRUTURA	ID	AMEAÇAS																																																										
			Chuva Forte								ID	Chuva Persistente								ID	Vento Forte								ID	Vento Moderado								ID	Vento Fraco								ID	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar													
			Chuva acima de 20 mm:									Chuva acima de 1 mm:									Vento acima de 10m/s (36 km/h):									Vento acima de 7m/s (25,2 km/h):									Vento acima de 3m/s (10,8km/h):									Inundação de 0,2m													
			Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	5	5	5	5	5	5	5		Probabilidade	1	1	1	1	1	1	1		Probabilidade	1	2	3	2	3	2	3		Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	1	1	1	2	2	2	2						
				Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100		Histórico	2021-2040		2041-2060	2081-2100		Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100			Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100		Histórico	2021-2040	2041-2060		2081-2100		Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100		Histórico		2021-2040	2041-2060	2081-2100		Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100															
			77	Canal Externo	77.1	Interação?	Sim								77.2	Interação?	Não								77.3	Interação?	Sim								77.4	Interação?	Sim								77.5	Interação?		Não								77.6	Interação?	Não			
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade										Severidade								
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-				
78	Canal Interno	78.1	Interação?	Sim								78.2	Interação?	Não								78.3	Interação?	Sim								78.4	Interação?	Sim								78.5	Interação?	Sim								78.6	Interação?	Não							
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade								
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-			
79	Bacia de Evolução	79.1	Interação?	Sim								79.2	Interação?	Não								79.3	Interação?	Sim								79.4	Interação?	Sim								79.5	Interação?	Sim								79.6	Interação?	Não							
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade								
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-			
80	Sinalização Náutica	80.1	Interação?	Não								80.2	Interação?	Não								80.3	Interação?	Não								80.4	Interação?	Não								80.5	Interação?	Não								80.6	Interação?	Não							
			Severidade										Severidade										Severidade										Severidade										Severidade										Severidade								
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-					
81	Berços	81.1	Interação?	Não								81.2	Interação?	Não								81.3	Interação?	Sim								81.4	Interação?	Sim								81.5	Interação?	Sim								81.6	Interação?	Sim							
			Severidade										Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	1	1	1	2	2	2	2	2		
82	Edificações	82.1	Interação?	Não								82.2	Interação?	Não								82.3	Interação?	Sim								82.4	Interação?	Não								82.5	Interação?	Não								82.6	Interação?	Sim							
			Severidade										Severidade										Severidade	1									Severidade										Severidade										Severidade	1							
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2	2			
83	Infraestrutura de Armazenamento	83.1	Interação?	Sim								83.2	Interação?	Não								83.3	Interação?	Sim								83.4	Interação?	Não								83.5	Interação?	Não								83.6	Interação?	Sim							
			Severidade	2									Severidade										Severidade	1									Severidade	Não									Severidade	Não									Severidade	1							
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2	2			
84	Equipamentos de Lçamento	84.1	Interação?	Sim								84.2	Interação?	Sim								84.3	Interação?	Sim								84.4	Interação?	Sim								84.5	Interação?	Sim								84.6	Interação?	Sim							
			Severidade	2									Severidade	2									Severidade	2									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	10	10	10	10	10	10	10	10		Risco	2	2	2	2	2	2	2	2		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	1	1	1	2	2	2	2	2	
85	Empilhadeiras	85.1	Interação?	Sim								85.2	Interação?	Sim								85.3	Interação?	Sim								85.4	Interação?	Sim								85.5	Interação?	Sim								85.6	Interação?	Não							
			Severidade	1									Severidade	2									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	10	10	10	10	10	10	10	10		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-		
86	Acesso Viário	86.1	Interação?	Sim								86.2	Interação?	Não								86.3	Interação?	Não								86.4	Interação?	Não								86.5	Interação?	Não								86.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1									Severidade										Severidade										Severidade										Severidade										Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2	2				

Tabela 55: Resumo do risco estrutural para Contêineres

RISCO ESTRUTURAL – CONTÊINERES									
Infraestrutura	Risco	Linha de Base	2021-2040		2041-2060		2081-2100		Comentários
			SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	
Canal Externo	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. A característica danosa referente a esse evento crítico está relacionada ao aumento da sedimentação estuarina e a desconformação geométrica do Canal Externo, contendo perda de largura (planimetria) e profundidade (redução de calado). Nesse caso, o monitoramento do leito do Canal Externo com batimetria multifeixe e ADCP é necessário.
Canal Interno	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é grave, o que torna o risco resultante “médio”. O aumento da ocorrência desse evento climático crítico contribui para o processo de aumento da vazão fluvial e pluvial das áreas urbanas nos arredores do complexo portuário de Santos, proporcionando o aumento de processos de sedimentação do leito estuarino e a suspensão de particulados finos de solos, lodo e material orgânico, influenciando no processo de desconformação geométrica do Canal Interno, contendo perda de largura (planimetria) e profundidade (redução de calado). Nesse caso, o monitoramento do leito do Canal Interno com batimetria multifeixe e ADCP é necessário.
Bacia de Evolução	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	v	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. As bacias de evolução sofrem quanto a alterações do processo de vazão e sedimentação decorrentes das chuvas. Consequentemente, ocorre a desconformação geométrica das bacias, considerando perda das dimensões planimétricas (menores LOAs – comprimento de fora a fora - dos navios) e de profundidade (calado dos navios). Nesse caso, o monitoramento do leito das bacias de evolução com batimetria multifeixe e ADCP é necessário.
Acesso Viário	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante “médio” a partir de 2041. Chuvas fortes podem levar à queda de árvores, patologias de pavimentos e vias férreas e inundações devido ao entupimento ou incapacidade de processamento do sistema de drenagem das vias. Esses impactos podem levar a custos de reparo e de atraso na movimentação das cargas.

Legenda: CF – Chuva Forte, CP – Chuva Persistente, VFO – Vento Forte, VM – Vento Moderado, VFR – Vento Fraco, ANM – Inundações devido ao Aumento de 0,2m do Nível do Mar

Tabela 56: Resumo do risco operacional para Contêineres

RISCO OPERACIONAL – CONTÊINERES									
Infraestrutura	Risco	Linha de Base	2021-2040		2041-2060		2081-2100		Comentários
			SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	
Canal Externo	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. O dano operacional refere-se a atrasos de processamento de embarcações devido a espera nas áreas de fundeio devido ao fechamento da barra por questões de ausência de visibilidade e condições de segurança adequada decorrentes a CF. Além dos atrasos, ocorrem custos relativos a essa ineficiência do processamento das embarcações, atingindo todos os operadores especializados. A melhora do monitoramento hidrometeorológico pode ajudar nas questões de planejamento do porto nessas ocasiões.
Canal Interno	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. A CF acarreta o fechamento da barra em decorrência a ausência de condições seguras à navegação e visibilidade para o comando das embarcações. Esses atrasos impactam em atrasos e os custos decorrentes aos mesmos. A melhora do monitoramento hidrometeorológico pode ajudar nas questões de planejamento do porto nessas ocasiões. Outro aspecto, relacionado a CF, é a sedimentação acelerada do Canal Interno. Assim, para evitar encalhe de embarcações, faz-se necessário a operação de embarcações com menores fatores de estiva (navios operando abaixo da capacidade de carga), tornando o custo logístico e do frete marítimo mais elevado
Bacia de Evolução	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. As bacias de evolução sofrem com as CF a perda de aspectos geométricos da bacia. Operacionalmente as embarcações necessitam apresentar menores fatores de estiva (navios operando abaixo da capacidade de carga), tornando o custo logístico e do frete marítimo mais elevado.
Infraestrutura de Armazenamento	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é frequentemente para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é moderada, o que torna o risco resultante “médio” a partir de 2041. Redução da segurança no processamento das operações de armazenamento de contêineres durante eventos de chuvas prolongadas e/ou fortes, podem ocorrer devido ao baixo processamento do sistema de drenagem do pátio, podendo gerar alguma paralisação operacional.
Equipamentos de Içamento	Médio	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante “médio” a partir de 2041. Esse resultado está associado à paralisação das manobras de içamento das cargas que podem ocorrer por falta de segurança devido à redução da visibilidade dos operadores de solo, convés e comando de equipamento. Chuva Persistente: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “muito frequentemente” para todos os períodos históricos e para todos os cenários climáticos. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante “médio em todos os períodos e cenários. No entanto, em geral Chuva Persistente não impacta de modo direto a operação de Equipamentos de Içamento de contêineres.
Empilhadeiras	Médio	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	Chuva Persistente: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “muito frequentemente” para todos os períodos históricos e para todos os cenários climáticos. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante “médio em todos os períodos e cenários. Os equipamentos de movimentação e empilhamento de contêineres nos pátios são de grande capacidade e porte, podem apresentar demandas de paralisação em situações em que o sistema de drenagem do pátio de contêineres não processa o volume de água gerado pela chuva. Em condições críticas de inundações, a operação das empilhadeiras poderá ser paralisada em relação a aspectos de segurança aos colaboradores de pátio e operadores de equipamentos de movimentação de contêineres em solo.

Legenda: CF – Chuva Forte, CP – Chuva Persistente, VFO – Vento Forte, VM – Vento Moderado, VFR – Vento Fraco, ANM – Inundações devido ao Aumento de 0,2m do Nível do Mar

4.4.1.2. Granéis Líquidos

Riscos estruturais: De forma geral, os riscos estruturais do Porto de Santos estão associados às ameaças de chuvas fortes. Com uma probabilidade frequente de ocorrer na zona portuária, riscos de gravidade média podem ocorrer sobre as infraestruturas do Canal Externo, interno, Bacia de Evolução, Edificações e Acesso Viário. Esse risco é verificado com a mesma gravidade por cenários de alta e baixa emissão de gases de efeito estufa e desde o período de linha de base até 2100.

Os impactos associados a essa ameaça incluem desconformação geométrica dos canais e da Bacia de Evolução, patologias em pavimentos do Acesso Viário e colapso das redes de drenagem das Edificações. Uma vez desencadeados, esses eventos podem gerar prejuízos financeiros associados à gastos de reparo e manutenção não programados pelo porto. Além disso, problemas logísticos podem ocorrer.

Nessa matriz de risco estrutural, não foi possível encontrar interações de danos estruturais entre a ameaça de Chuva Persistente e as infraestruturas do porto.

Para uma melhor compreensão sobre os fatores determinantes e as consequências do risco estrutural “médio”, observe a Tabela 55.

Riscos operacionais: Os riscos operacionais de maior destaque dentro da matriz de risco operacional são de gravidade média. Em geral, está relacionado às ameaças de chuvas fortes e Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar.

Os principais impactos estão associados a atrasos de processamento de embarcações, fechamento da barra, redução da estiva e operação com menor carga, bem como risco de acidentes laborais devido a redução da segurança de trabalho em condições de chuvas fortes. Para inundações costeiras a 0,2 m do nível do mar, paralisações do sistema de bombeamento de graneis líquidos podem vir a ocorrer e gerar custos à operação.

Em termos de temporalidade, nessa matriz é possível observar que os riscos que chegam ao nível “médio” na ameaça de inundações costeiras a 0,2 m ocorrem somente a partir do médio prazo (2041-2060). Ainda, os impactos acontecem para um cenário de baixa ou alta emissão de gases de efeito estufa, sem distinção nos riscos por esse fator.

Todos esses fatores têm consequências financeiras ao porto e incluem problemas de logística operacional e geração de custos adicionais por atrasos não programados.

Para uma melhor compreensão sobre os fatores determinantes e as consequências do risco operacional “médio”, observe a Tabela 56.

Tabela 57: Risco estrutural para Granéis Líquidos

AVALIAÇÃO DE RISCO CLIMÁTICO DO PORTO DE SANTOS																																																													
Perfil de Carga: Graneis Líquidos																																																													
ID	INFRAESTRUTURA	ID	AMEAÇAS																																																										
			Chuva Forte								ID	Chuva Persistente								ID	Vento Forte								ID	Vento Moderado								ID	Vento Fraco								ID	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar													
			Chuva acima de 20 mm:									Chuva acima de 1 mm:									Vento acima de 10m/s (36 km/h):									Vento acima de 7m/s (25,2 km/h):									Vento acima de 3m/s (10,8km/h):									Inundação de 0,2m													
			Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	5	5	5	5	5	5	5		Probabilidade	1	1	1	1	1	1	1	Probabilidade	1	2	3	2	3	2	3	Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4	Probabilidade	1	1	1	2	2	2	2									
				Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5	2041-2060	SSP2	SSP5		2081-2100		Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5	2041-2060	SSP2		SSP5	2081-2100		Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5	2041-2060	SSP2	SSP5	2081-2100		Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5	2041-2060	SSP2	SSP5	2081-2100		Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5	2041-2060	SSP2	SSP5	2081-2100												
			1	Canal Externo	1.1	Interação?	Sim								1.2	Interação?	Não								1.3	Interação?	Sim								1.4	Interação?	Sim								1.5	Interação?	Sim								1.6	Interação?	Não				
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade								
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-							
2	Canal Interno	2.1	Interação?	Sim								2.2	Interação?	Não								2.3	Interação?	Sim								2.4	Interação?	Sim								2.5	Interação?	Sim								2.6	Interação?	Sim							
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	1	1	1	2	2	2	2					
3	Bacia de Evolução	3.1	Interação?	Sim								3.2	Interação?	Não								3.3	Interação?	Sim								3.4	Interação?	Sim								3.5	Interação?	Sim								3.6	Interação?	Sim							
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	1	1	1	2	2	2	2					
4	Sinalização Náutica	4.1	Interação?	Não								4.2	Interação?	Não								4.3	Interação?	Sim								4.4	Interação?	Sim								4.5	Interação?	Não								4.6	Interação?	Sim							
			Severidade										Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade										Severidade	1							
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2					
5	Berços	5.1	Interação?	Sim								5.2	Interação?	Não								5.3	Interação?	Sim								5.4	Interação?	Sim								5.5	Interação?	Não								5.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade										Severidade	2							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	2	2	2	4	4	4	4					
6	Edificações	6.1	Interação?	Sim								6.2	Interação?	Não								6.3	Interação?	Sim								6.4	Interação?	Sim								6.5	Interação?	Não								6.6	Interação?	Sim							
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade										Severidade	1							
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2					
7	Infraestrutura de Armazenamento	7.1	Interação?	Sim								7.2	Interação?	Não								7.3	Interação?	Sim								7.4	Interação?	Sim								7.5	Interação?	Não								7.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade										Severidade	2							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	2	2	2	4	4	4	4					
8	Equipamentos de Lçamento	8.1	Interação?	Sim								8.2	Interação?	Não								8.3	Interação?	Sim								8.4	Interação?	Sim								8.5	Interação?	Não								8.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade										Severidade	2							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	2	2	2	4	4	4	4					
9	Empilhadeiras	9.1	Interação?	Sim								9.2	Interação?	Não								9.3	Interação?	Sim								9.4	Interação?	Sim								9.5	Interação?	Sim								9.6	Interação?	Não							
			Severidade	1									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade								
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-					
10	Transportador Contínuo	10.1	Interação?	Sim								10.2	Interação?	Não								10.3	Interação?	Sim								10.4	Interação?	Sim								10.5	Interação?	Sim								10.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	2							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	2	2	2	4	4	4	4					
11	Acesso Viário	11.1	Interação?	Sim								11.2	Interação?	Não								11.3	Interação?	Sim								11.4	Interação?	Sim								11.5	Interação?	Não								11.6	Interação?	Sim							
			Severidade	2									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade										Severidade	2							
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	2	2	2	4	4	4	4					

Tabela 58: Risco operacional para Granéis Líquidos

AVALIAÇÃO DE RISCO CLIMÁTICO DO PORTO DE SANTOS																																																																							
Perfil de Carga: Graneis Líquidos																																																																							
ID	INFRAESTRUTURA	ID	AMEAÇAS																																																																				
			Chuva Forte								ID	Chuva Persistente								ID	Vento Forte								ID	Vento Moderado								ID	Vento Fraco								ID	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar																							
			Chuva acima de 20 mm:									Chuva acima de 1 mm:									Vento acima de 10m/s (36 km/h):									Vento acima de 7m/s (25,2 km/h):									Vento acima de 3m/s (10,8km/h):									Inundação de 0,2m																							
			Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	5	5	5	5	5	5	5		Probabilidade	1	1	1	1	1	1	1		Probabilidade	1	2	3	2	3	2	3		Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	1	1	1	2	2	2	2																
				Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5	2041-2060	SSP2	SSP5		2081-2100		Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5	2041-2060	SSP2		SSP5	2081-2100		Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5	2041-2060		SSP2	SSP5	2081-2100		Histórico	2021-2040	SSP2	SSP5		2041-2060	SSP2	SSP5	2081-2100		Histórico	2021-2040	SSP2		SSP5	2041-2060	SSP2	SSP5	2081-2100																			
12	Canal Externo	12.1	Interação?	Sim								12.2	Interação?	Não								12.3	Interação?	Sim								12.4	Interação?	Sim								12.5	Interação?	Não								12.6	Interação?	Não																	
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade								
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-															
13	Canal Interno	13.1	Interação?	Sim								13.2	Interação?	Não								13.3	Interação?	Sim								13.4	Interação?	Sim								13.5	Interação?	Sim								13.6	Interação?	Não																	
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade																		
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-															
14	Bacia de Evolução	14.1	Interação?	Sim								14.2	Interação?	Não								14.3	Interação?	Sim								14.4	Interação?	Sim								14.5	Interação?	Sim								14.6	Interação?	Não																	
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade																		
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-															
15	Sinalização Náutica	15.1	Interação?	Não								15.2	Interação?	Não								15.3	Interação?	Não								15.4	Interação?	Não								15.5	Interação?	Não								15.6	Interação?	Não																	
			Severidade										Severidade										Severidade										Severidade										Severidade										Severidade																		
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-															
16	Berços	16.1	Interação?	Não								16.2	Interação?	Não								16.3	Interação?	Sim								16.4	Interação?	Sim								16.5	Interação?	Não								16.6	Interação?	Sim																	
			Severidade										Severidade										Severidade	2									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	3																	
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	2	2	2	2	2	2	2		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	3	3	3	6	6	6	6															
17	Edificações	17.1	Interação?	Não								17.2	Interação?	Não								17.3	Interação?	Sim								17.4	Interação?	Não								17.5	Interação?	Não								17.6	Interação?	Sim																	
			Severidade										Severidade										Severidade	1									Severidade	Não									Severidade	2									Severidade	2																	
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	2	2	2	4	4	4	4		Risco	2	2	2	4	4	4	4															
18	Infraestrutura de Armazenamento	18.1	Interação?	Sim								18.2	Interação?	Não								18.3	Interação?	Sim								18.4	Interação?	Não								18.5	Interação?	Não								18.6	Interação?	Sim																	
			Severidade	2									Severidade										Severidade	1									Severidade										Severidade										Severidade	2																	
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	2	2	2	4	4	4	4															
19	Equipamentos de Içamento	19.1	Interação?	Sim								19.2	Interação?	Não								19.3	Interação?	Sim								19.4	Interação?	Sim								19.5	Interação?	Sim								19.6	Interação?	Sim																	
			Severidade	2									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	3																	
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	3	3	3	6	6	6	6															
20	Empilhadeiras	20.1	Interação?	Sim								20.2	Interação?	Sim								20.3	Interação?	Sim								20.4	Interação?	Sim								20.5	Interação?	Sim								20.6	Interação?	Não																	
			Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade																		
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	5	5	5	5	5	5	5		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-															
21	Transportador Contínuo	21.1	Interação?	Sim								21.2	Interação?	Não								21.3	Interação?	Sim								21.4	Interação?	Sim								21.5	Interação?	Sim								21.6	Interação?	Sim																	
			Severidade	1									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	3																	
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	3	3	3	6	6	6	6															
22	Acesso Viário	22.1	Interação?	Sim								22.2	Interação?	Não								22.3	Interação?	Não								22.4	Interação?	Não								22.5	Interação?	Não								22.6	Interação?	Sim																	
			Severidade	1									Severidade										Severidade										Severidade										Severidade										Severidade	2																	
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	2	2	2	4	4	4	4															

Tabela 57: Resumo do risco estrutural para Granéis Líquidos

RISCO ESTRUTURAL – GRANÉIS LÍQUIDOS									
Infraestrutura	Risco	Linha de Base	2021-2040		2041-2060		2081-2100		Comentários
			SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	
Canal Externo	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. A característica danosa referente a esse evento crítico está relacionada ao aumento da sedimentação estuarina e a desconformação geométrica do Canal Externo, contendo perda de largura (planimetria) e profundidade (redução de calado). Nesse caso, o monitoramento do leito do Canal Externo com batimetria multifeixe e ADCP (Perfilador de Correntes Acústico por Efeito Doppler) é necessário.
Canal Interno	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. O aumento da ocorrência desse evento climático crítico contribui para o processo de aumento da vazão fluvial e pluvial das áreas urbanas nos arredores do complexo portuário de Santos, proporcionando o aumento de processos de sedimentação do leito estuarino e a suspensão de particulados finos de solos, lodo e material orgânico, influenciando no processo de desconformação geométrica do Canal Interno, contendo perda de largura (planimetria) e profundidade (redução de calado). Nesse caso, o monitoramento do leito do Canal Interno com batimetria multifeixe e ADCP é necessário.
Bacia de Evolução	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. As bacias de evolução sofrem quanto a alterações do processo de vazão e sedimentação decorrentes das chuvas. Consequentemente, ocorre a desconformação geométrica das bacias, considerando perda das dimensões planimétricas (menores LOAs – comprimento fora a fora – dos navios) e de profundidade (calado dos navios). Nesse caso, o monitoramento do leito das bacias de evolução, com batimetria multifeixe e ADCP são necessárias.
Edificações	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. Os impactos são gerados são caracterizados pelo entupimento dos drenos das calhas de telhados, colapso do sistema de drenagem, deterioração de pintura externa da edificação, inclinação ao aumento de infiltrações e em condições mais extremas na ocorrência de inundações no entorno da edificação, surgimento de patologias de estruturas, sistema de cobertura e fechamento em alvenaria.
Acesso Viário	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante “médio”. Chuvas fortes podem levar à queda de árvores, patologias de pavimentos e vias férreas e inundações devido ao entupimento ou incapacidade de processamento do sistema de drenagem das vias. Esses impactos podem levar a custos de reparo e de atraso na movimentação das cargas.

Tabela 60: Resumo do risco operacional para Granéis Líquidos

RISCO OPERACIONAL – GRANÉIS LÍQUIDOS									
Infraestrutura	Risco	Linha de Base	2021-2040		2041-2060		2081-2100		Comentários
			SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	
Canal Externo	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante "médio". O dano operacional refere-se a atrasos de processamento de embarcações devido a espera nas áreas de fundeio devido ao fechamento da barra por questões de ausência de visibilidade e condições de segurança adequada decorrentes a Chuva Forte. Além dos atrasos, ocorrem custos relativos a essa ineficiência do processamento das embarcações, atingindo todos os operadores especializados. A melhora do monitoramento hidrometereológico pode ajudar nas questões de planejamento do porto nessas ocasiões.
Canal Interno	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante "médio". A Chuva Forte acarreta o fechamento da barra em decorrência a ausência de condições seguras à navegação e visibilidade para o comando das embarcações. Esses atrasos impactam em atrasos e os custos decorrentes aos mesmos. A melhora do monitoramento hidrometereológico pode ajudar nas questões de planejamento do porto nessas ocasiões. Outro aspecto, relacionado a Chuva Forte, é a sedimentação acelerada do Canal Interno. Assim, para evitar encalhe de embarcações, faz-se necessária a operação de embarcações com menores fatores de estiva (navios operando abaixo da capacidade de carga), tornando o custo logístico e do frete marítimo mais elevado.
Bacia de Evolução	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante "médio". As bacias de evolução sofrem com as Chuva Forte a perda de aspectos geométricos da bacia. Operacionalmente as embarcações necessitam apresentar menores fatores de estiva (navios operando abaixo da capacidade de carga), tornando o custo logístico e do frete marítimo mais elevado.
Berços	Médio	-	-	-	ANM	ANM	ANM	ANM	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “quase nunca” para o período histórico e para o horizonte 2021-2040. No entanto, a probabilidade aumenta para “raramente” nos cenários climáticos dos horizontes temporais 2041-2060 e 2081-2100. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é grave, o que torna o risco resultante "médio" para os horizontes temporais 2041-2060 e 2081-2100. Os danos das inundações afetam o lado terra do berço, comprometendo a ação laboral dos operadores quanto a amarração nos cabeços e a conexão dos mangotes nas embarcações, acarretando atrasos e aumento de custos. Dependendo do layout do terminal do operador, se houver componentes elétricas e motores na cota do berço, podem ocorrer paralisações do sistema de bombeamento de graneis líquidos visando a não danificação dos equipamentos e a mitigação de possíveis acidentes de trabalho, tais como, choques elétricos, ou vazamentos por válvulas de alívio de pressão, quando submersas. Essas paralisações também acarretam prejuízos financeiros, com cancelamento de turnos, atrasos e custos de sobre-estadia de navios.
Infraestrutura de Armazenamento	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante "médio" para os horizontes temporais 2041-2060 e 2081-2100. Ocasional paralisações operacionais conforme o risco, a vulnerabilidade e a possibilidade de acidentes de trabalho na área da Infraestrutura de Armazenamento (tanques). A ocorrência de infiltrações e inundações devido a falência funcional do sistema de drenagem pode comprometer a circulação de veículos de apoio (empilhadeiras) e risco escorregamentos e quedas de colaboradores. Infiltrações de maior vulto podem comprometer instalações elétricas e do sistema de bombeamento instalados nas proximidades dos tanques, criando risco de choque elétrico e paralisações de operação
Equipamentos de Içamento	Médio	CF	CF	CF	CF / ANM	CF / ANM	CF / ANM	CF / ANM	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante "médio" a partir de 2041. Esse evento climático crítico pode acarretar paralisação laboral de controlador dos braços elevatórios de mangotes e plataformas elevatórias de apoio, bem como, inibir o trabalho dos colaboradores de apoio em solo e embarcados, causando assim atrasos e tempos demasiados da embarcação parada no berço. Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “quase nunca” para o período histórico e para o horizonte 2021-2040. No entanto, a probabilidade aumenta para “raramente” nos cenários climáticos dos horizontes temporais 2041-2060 e 2081-2100. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante "médio" para os horizontes temporais 2041-2060 e 2081-2100. Paralisações para a inibição de acidentes de trabalho em relação às inundações no entorno do equipamento de içamento de mangotes. Risco de danos a componentes mecânicas e elétrica do equipamento, que causam insegurança, riscos de acidente e descargas elétricas afetando os colaboradores. Causa atrasos e tempos demasiados da embarcação parada no berço.
Transportador Contínuo	Médio	-	-	-	ANM	ANM	ANM	ANM	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “quase nunca” para o período histórico e para o horizonte 2021-2040. No entanto, a probabilidade aumenta para “raramente” nos cenários climáticos dos horizontes temporais 2041-2060 e 2081-2100. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é grave, o que torna o risco resultante "médio" para os horizontes temporais 2041-2060 e 2081-2100. A linha dutoviária/tubulações deve interromper o bombeamento dos graneis líquidos devido a riscos segurança operacional, quanto vazamentos e impacto na linha e principalmente por segurança dos colaboradores. Situação cria prejuízos financeiros ao operador portuário.

4.4.1.3. Produtos Gasosos

Riscos estruturais: De forma geral, o maior risco verificado na matriz estrutural de produtos gasosos é “médio” (Tabela 61). Esse risco está associado à ameaça de chuvas fortes em interação com as infraestruturas do Canal Externo, interno, a Bacia de Evolução, as Edificações e o Acesso Viário.

Os principais danos dizem respeito a desconformação geométrica dos canais e da bacia, problemas relacionados ao entupimento de drenos de telhados, colapso de sistemas de drenagem das Edificações e, por fim, patologias na pavimentação do Acesso Viário. Todos esses problemas podem levar à geração de gasto adicional não programado pelo porto, além de aumento da frequência de manutenções corretivas que também possuem custos.

Independente do cenário e do período avaliado, essas interações citadas possuem o mesmo valor de risco. Nessa análise, no entanto, destacam-se as interações que podem desencadear acidentes de severidade grave.

Para uma melhor compreensão sobre os fatores determinantes e as consequências do risco estrutural “médio”, observe a Tabela 63.

Risco operacional: Em termos de operacionalidade, os produtos gasosos apresentam o risco “médio” como o maior grau de interação entre ameaças e infraestrutura na sua matriz de risco (Tabela 62). Esse valor é verificado para interações entre as infraestruturas de armazenamento e Equipamentos de Içamento quando associados a incidentes gerados por chuvas fortes.

Os principais impactos relacionados a essas interações dizem respeito à vulnerabilidade e à possibilidade de acidentes de trabalho na área da Infraestrutura de Armazenamento e paralisação das atividades de içamento, gerando atrasos e custos relacionados ao aumento do tempo e frequência dos períodos em que o porto não está operando.

Para uma melhor compreensão sobre os fatores determinantes e as consequências do risco operacional “médio”, observe a Tabela 64.

Tabela 61: Risco estrutural para Produtos Gasosos

AVALIAÇÃO DE RISCO CLIMÁTICO DO PORTO DE SANTOS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Perfil de Carga: Produtos Gasosos																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
ID	INFRAESTRUTURA	ID	AMEAÇAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
			Chuva Forte								ID	Chuva Persistente								ID	Vento Forte								ID	Vento Moderado								ID	Vento Fraco								ID	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			Chuva acima de 20 mm:									Chuva acima de 1 mm:									Vento acima de 10m/s (36 km/h):									Vento acima de 7m/s (25,2 km/h):									Vento acima de 3m/s (10,8km/h):									Inundação de 0,2m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
			Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	5	5	5	5	5	5	5		Probabilidade	1	1	1	1	1	1	1		Probabilidade	1	2	3	2	3	2	3		Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	1	1	1	2	2	2	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

Tabela 62: Risco operacional para Produtos Gasosos

AVALIAÇÃO DE RISCO CLIMÁTICO DO PORTO DE SANTOS																																																													
Perfil de Carga: Produtos Gasosos																																																													
ID	INFRAESTRUTURA	ID	AMEAÇAS																																																										
			Chuva Forte								ID	Chuva Persistente								ID	Vento Forte								ID	Vento Moderado								ID	Vento Fraco								ID	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar													
			Chuva acima de 20 mm:									Chuva acima de 1 mm:									Vento acima de 10m/s (36 km/h):									Vento acima de 7m/s (25,2 km/h):									Vento acima de 3m/s (10,8km/h):									Inundação de 0,2m													
			Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	5	5	5	5	5	5	5		5	Probabilidade	1	1	1	1	1	1		1	Probabilidade	1	2	3	2	3	2		3	Probabilidade	4	4	4	4	4	4		4	Probabilidade	1	1	1	2	2	2	2					
				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100							
			56	Canal Externo	56.1	Interação?	Não								56.2	Interação?	Não								56.3	Interação?	Sim								56.4	Interação?	Sim								56.5	Interação?		Não								56.6	Interação?	Não			
Severidade									Severidade									Severidade	1								Severidade	1								Severidade									Severidade																
Risco	-	-	-		-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	Risco	1	2	3	2	3	2	3	Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-										
57	Canal Interno	57.1	Interação?	Não								57.2	Interação?	Não								57.3	Interação?	Sim								57.4	Interação?	Sim								57.5	Interação?	Sim								57.6	Interação?	Não							
Severidade										Severidade									Severidade	1								Severidade	1								Severidade	1								Severidade															
Risco		-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	Risco	1	2	3	2	3	2	3	Risco	4	4	4	4	4	4	4	Risco	-	-	-	-	-	-	-										
58	Bacia de Evolução	58.1	Interação?	Não								58.2	Interação?	Não								58.3	Interação?	Sim								58.4	Interação?	Sim								58.5	Interação?	Sim								58.6	Interação?	Não							
Severidade										Severidade									Severidade	1								Severidade	1								Severidade	1								Severidade															
Risco		-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	Risco	1	2	3	2	3	2	3	Risco	4	4	4	4	4	4	4	Risco	-	-	-	-	-	-	-										
59	Sinalização Náutica	59.1	Interação?	Não								59.2	Interação?	Não								59.3	Interação?	Não								59.4	Interação?	Não								59.5	Interação?	Não								59.6	Interação?	Não							
Severidade										Severidade									Severidade									Severidade									Severidade									Severidade															
Risco		-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-										
60	Berços	60.1	Interação?	Não								60.2	Interação?	Não								60.3	Interação?	Sim								60.4	Interação?	Sim								60.5	Interação?	Sim								60.6	Interação?	Sim							
Severidade										Severidade									Severidade	2								Severidade	1								Severidade	1								Severidade	1														
Risco		-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	2	2	2	2	2	2	2	2	Risco	1	2	3	2	3	2	3	Risco	4	4	4	4	4	4	4	Risco	1	1	1	2	2	2	2										
61	Edificações	61.1	Interação?	Não								61.2	Interação?	Não								61.3	Interação?	Sim								61.4	Interação?	Não								61.5	Interação?	Não								61.6	Interação?	Sim							
Severidade										Severidade									Severidade	1								Severidade									Severidade									Severidade	1														
Risco		-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco	1	1	1	2	2	2	2										
62	Infraestrutura de Armazenamento	62.1	Interação?	Sim								62.2	Interação?	Não								62.3	Interação?	Sim								62.4	Interação?	Não								62.5	Interação?	Não								62.6	Interação?	Sim							
Severidade		2								Severidade									Severidade	1								Severidade									Severidade									Severidade	1														
Risco		8	8	8	8	8	8	8	8	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco	1	1	1	2	2	2	2										
63	Equipamentos de Lçamento	63.1	Interação?	Sim								63.2	Interação?	Não								63.3	Interação?	Sim								63.4	Interação?	Sim								63.5	Interação?	Sim								63.6	Interação?	Sim							
Severidade		2								Severidade									Severidade	1								Severidade	1								Severidade	1								Severidade	1														
Risco		8	8	8	8	8	8	8	8	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	Risco	1	2	3	2	3	2	3	Risco	4	4	4	4	4	4	4	Risco	1	1	1	2	2	2	2										
64	Empilhadeiras	64.1	Interação?	Sim								64.2	Interação?	Sim								64.3	Interação?	Sim								64.4	Interação?	Sim								64.5	Interação?	Sim								64.6	Interação?	Não							
Severidade		1								Severidade	1								Severidade	1								Severidade	1								Severidade	1								Severidade	1														
Risco		4	4	4	4	4	4	4	4	Risco	5	5	5	5	5	5	5	5	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	Risco	1	2	3	2	3	2	3	Risco	4	4	4	4	4	4	4	Risco	-	-	-	-	-	-	-										
65	Transportador Contínuo	65.1	Interação?	Sim								65.2	Interação?	Sim								65.3	Interação?	Sim								65.4	Interação?	Sim								65.5	Interação?	Sim								65.6	Interação?	Sim							
Severidade		1								Severidade	1								Severidade	1								Severidade	1								Severidade	1								Severidade	1														
Risco		4	4	4	4	4	4	4	4	Risco	5	5	5	5	5	5	5	5	Risco	1	1	1	1	1	1	1	1	Risco	1	2	3	2	3	2	3	Risco	4	4	4	4	4	4	4	Risco	1	1	1	2	2	2	2										
66	Acesso Viário	66.1	Interação?	Sim								66.2	Interação?	Não								66.3	Interação?	Não								66.4	Interação?	Não								66.5	Interação?	Não								66.6	Interação?	Sim							
Severidade		1								Severidade									Severidade									Severidade									Severidade									Severidade	1														
Risco		4	4	4	4	4	4	4	4	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco	1	1	1	2	2	2	2										

Tabela 63: Resumo do risco estrutural para Produtos Gasosos

RISCO ESTRUTURAL – PRODUTOS GASOSOS									
Infraestrutura	Risco	Linha de Base	2021-2040		2041-2060		2081-2100		Comentários
			SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	
Canal Externo	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante "médio". A característica danosa referente a esse evento crítico está relacionada ao aumento da sedimentação estuarina e a desconformação geométrica do Canal Externo, contendo perda de largura (planimetria) e profundidade (redução de calado). Nesse caso, o monitoramento do leito do Canal Externo com batimetria multifeixe e ADCP é necessário.
Canal Interno	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante "médio". O aumento da ocorrência desse evento climático crítico contribui para o processo de aumento da vazão fluvial e pluvial das áreas urbanas nos arredores do complexo portuário de Santos, proporcionando o aumento de processos de sedimentação do leito estuarino e a suspensão de particulados finos de solos, lodo e material orgânico, influenciando no processo de desconformação geométrica do Canal Interno, contendo perda de largura (planimetria) e profundidade (redução de calado). Nesse caso, o monitoramento do leito do Canal Interno com batimetria multifeixe e ADCP é necessário.
Bacia de Evolução	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante "médio". As bacias de evolução sofrem quanto a alterações do processo de vazão e sedimentação decorrentes das chuvas. Consequentemente, ocorre a desconformação geométrica das bacias, considerando perda das dimensões planimétricas (menores LOAs – comprimento de fora a fora - dos navios) e de profundidade (calado dos navios). Nesse caso, o monitoramento do leito das bacias de evolução, com batimetria multifeixe e ADCP é necessário.
Edificações	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante "médio". Os impactos são gerados são caracterizados pelo entupimento dos drenos das calhas de telhados, colapso do sistema de drenagem, deterioração de pintura externa da edificação, inclinação ao aumento de infiltrações e em condições mais extremas na ocorrência de inundações no entorno da edificação, surgimento de patologias em estruturas e no sistema de cobertura e fechamento em alvenaria.
Acesso Viário	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante "médio" a partir 2041. Chuvas fortes podem levar à queda de árvores, patologias de pavimentos e vias férreas e inundações devido ao entupimento ou incapacidade de processamento do sistema de drenagem das vias. Esses impactos podem levar a custos de reparo e de atraso na movimentação das cargas.

Legenda: CF – Chuva Forte, CP – Chuva Persistente, VFO – Vento Forte, VM – Vento Moderado, VFR – Vento Fraco, ANM – Inundações devido ao Aumento de 0,2m do Nível do Mar

Tabela 64: Resumo do risco operacional para Produtos Gasosos

RISCO OPERACIONAL – PRODUTOS GASOSOS									
Infraestrutura	Risco	Linha de Base	2021-2040		2041-2060		2081-2100		Comentários
			SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	
Infraestrutura de Armazenamento	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante "médio" a partir de 2041. Ocasionam paralisações operacionais conforme o risco, a vulnerabilidade e a possibilidade de acidentes de trabalho na área da Infraestrutura de Armazenamento (tanques e esferas). A ocorrência de infiltrações e inundações devido á falência funcional do sistema de drenagem pode comprometer a circulação de veículos de apoio (empilhadeiras) e risco de escorregamentos e quedas de colaboradores. Infiltrações de maior vulto podem comprometer instalações elétricas e do sistema de bombeamento instalados nas proximidades dos tanques e esferas, criando risco de choque elétrico e paralisações de operação
Equipamentos de Içamento	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante "médio" a partir de 2041. Esse evento climático crítico pode acarretar a paralisação laboral de controlador dos braços elevatórios de mangotes e plataformas elevatórias de apoio, bem como, inibir o trabalho dos colaboradores de apoio em solo e embarcados, causando assim atrasos e tempos demasiados da embarcação parada no berço.

Legenda: CF – Chuva Forte, CP – Chuva Persistente, VFO – Vento Forte, VM – Vento Moderado, VFR – Vento Fraco, ANM – Inundações devido ao Aumento de 0,2m do Nível do Mar

4.4.1.4. Granéis Sólidos

Riscos estruturais: O risco de maior grau na matriz de risco estrutural de granéis sólidos é de grau “médio” e acontece para a ameaça de chuvas fortes (Tabela 57). Os impactos relacionados a esse perfil de carga envolvem as infraestruturas do Canal Externo, interno, Bacia de Evolução, Edificações, infraestruturas de armazenamento, o transportador contínuo e o Acesso Viário.

Sob condições adversas dessa ameaça, danos de severidade grave podem levar ao aumento da sedimentação e desconformação geométrica dos canais e da Bacia de Evolução. Por outro lado, problemas de severidade moderada, podem levar as demais infraestruturas à redução da vida útil de suas estruturas, queima de equipamentos elétricos e patologias viárias.

Em termos de cenários de emissão de gases de efeito estufa, tanto os cenários de alta emissão quanto os de baixa não geram alteração aos valores de risco “médio” verificados nesta matriz. Além deles, os períodos também não têm poder de influência no risco. De forma geral, a probabilidade tem grande poder sobre esses valores.

Risco operacional: A matriz de risco operacional possui o grau “médio” de risco para ameaças de chuvas fortes e chuvas persistentes. Para a primeira, estão vulneráveis o Canal Externo, interno, a Bacia de Evolução e o transportador contínuo. Para a segunda, as infraestruturas de armazenamento, os Equipamentos de Içamento e também o transportador contínuo.

Os fatores associados a esses impactos causados por ambas as ameaças incluem paralisações por risco laboral, visibilidade do canal e risco à integridade das cargas que são sensíveis à umidade. Além dessas questões, também é verificado problemas logísticos que geram o aumento do custo logístico e do frete marítimo mais elevado.

Em termos de temporalidade e alteração de cenários de emissões de gases de efeito estufa, os riscos não têm seu valor alterado conforme varia essas duas condições.

Para uma melhor compreensão sobre os fatores determinantes e as consequências do risco operacional “médio”, observe a Tabela 60.

Tabela 65: Risco estrutural para Granéis Sólidos

AVALIAÇÃO DE RISCO CLIMÁTICO DO PORTO DE SANTOS																																																													
Perfil de Carga: Graneis Sólidos																																																													
ID	INFRAESTRUTURA	ID	AMEAÇAS																																																										
			Chuva Forte								ID	Chuva Persistente								ID	Vento Forte								ID	Vento Moderado								ID	Vento Fraco								ID	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar													
																																																								Chuva acima de 20 mm:					
			Probabilidade									Probabilidade									Probabilidade									Probabilidade									Probabilidade									Probabilidade													
				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100			Histórico	2021-2040		2041-2060	
23	Canal Externo	23.1	Interação?	Sim								23.2	Interação?	Não								23.3	Interação?	Sim								23.4	Interação?	Sim								23.5	Interação?	Sim								23.6	Interação?	Não							
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	4	4		4	4	4	4	4	Risco	-	-	-		-	-	-	-					
24	Canal Interno	24.1	Interação?	Sim								24.2	Interação?	Não								24.3	Interação?	Sim								24.4	Interação?	Sim								24.5	Interação?	Sim								24.6	Interação?	Sim							
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	4	4		4	4	4	4	4	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
25	Bacia de Evolução	25.1	Interação?	Sim								25.2	Interação?	Não								25.3	Interação?	Sim								25.4	Interação?	Sim								25.5	Interação?	Sim								25.6	Interação?	Sim							
			Severidade	3									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	4	4		4	4	4	4	4	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
26	Sinalização Náutica	26.1	Interação?	Não								26.2	Interação?	Não								26.3	Interação?	Sim								26.4	Interação?	Sim								26.5	Interação?	Não								26.6	Interação?	Sim							
			Severidade										Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	-	-		-	-	-	-	-	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
27	Bergos	27.1	Interação?	Sim								27.2	Interação?	Não								27.3	Interação?	Sim								27.4	Interação?	Sim								27.5	Interação?	Não								27.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	-	-		-	-	-	-	-	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
28	Edificações	28.1	Interação?	Sim								28.2	Interação?	Não								28.3	Interação?	Sim								28.4	Interação?	Sim								28.5	Interação?	Não								28.6	Interação?	Sim							
			Severidade	2									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	-	-		-	-	-	-	-	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
29	Infraestrutura de Armazenamento	29.1	Interação?	Sim								29.2	Interação?	Não								29.3	Interação?	Sim								29.4	Interação?	Sim								29.5	Interação?	Não								29.6	Interação?	Sim							
			Severidade	2									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	-	-		-	-	-	-	-	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
30	Equipamentos de Içamento	30.1	Interação?	Sim								30.2	Interação?	Não								30.3	Interação?	Sim								30.4	Interação?	Sim								30.5	Interação?	Não								30.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1									Severidade										Severidade	2									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		2	2	2	2	2	2	2	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	-	-		-	-	-	-	-	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
31	Empilhadeiras	31.1	Interação?	Sim								31.2	Interação?	Não								31.3	Interação?	Sim								31.4	Interação?	Sim								31.5	Interação?	Sim								31.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	4	4		4	4	4	4	4	Risco	1	1	1		2	2	2	2					
32	Transportador Contínuo	32.1	Interação?	Sim								32.2	Interação?	Não								32.3	Interação?	Sim								32.4	Interação?	Sim								32.5	Interação?	Sim								32.6	Interação?	Não							
			Severidade	2									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	4	4		4	4	4	4	4	Risco	-	-	-		-	-	-	-					
33	Acesso Viário	33.1	Interação?	Sim								33.2	Interação?	Não								33.3	Interação?	Sim								33.4	Interação?	Sim								33.5	Interação?	Não								33.6	Interação?	Sim							
			Severidade	2									Severidade										Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1									Severidade	1							
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	-	-	-	-	-	-	-	Risco		1	1	1	1	1	1	1	Risco	1		2	3	2	3	2	3	Risco	-	-		-	-	-	-	-	Risco	2	2	2		4	4	4	4					

Tabela 66: Risco operacional para Granéis Sólidos

AVALIAÇÃO DE RISCO CLIMÁTICO DO PORTO DE SANTOS																																																													
Perfil de Carga: Graneis Sólidos																																																													
ID	INFRAESTRUTURA	ID	AMEAÇAS																																																										
			Chuva Forte								ID	Chuva Persistente								ID	Vento Forte								ID	Vento Moderado								ID	Vento Fraco								ID	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar													
			Chuva acima de 20 mm:									Chuva acima de 1 mm:									Vento acima de 10m/s (36 km/h):									Vento acima de 7m/s (25,2 km/h):									Vento acima de 3m/s (10,8km/h):									Inundação de 0,2m													
			Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	5	5	5	5	5	5	5		Probabilidade	1	1	1	1	1	1	1		Probabilidade	1	2	3	2	3	2	3		Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	1	1	1	2	2	2	2						
				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100				Histórico	2021-2040		2041-2060		2081-2100							
34	Canal Externo	34.1	Interação?	Sim								34.2	Interação?	Não								34.3	Interação?	Sim								34.4	Interação?	Sim								34.5	Interação?	Não								34.6	Interação?	Não							
			Severidade	3									Severidade									34.3	Severidade	1								34.4	Severidade	1								34.5	Severidade									34.6	Severidade								
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-				Risco	1	1	1	1	1	1	1	1			Risco	1	2	3	2	3	2	3				Risco	-	-	-	-	-	-	-								
35	Canal Interno	35.1	Interação?	Sim								35.2	Interação?	Não								35.3	Interação?	Sim								35.4	Interação?	Sim								35.5	Interação?	Sim								35.6	Interação?	Não							
			Severidade	3									Severidade	1								35.3	Severidade	1								35.4	Severidade	1								35.5	Severidade	1								35.6	Severidade								
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-				Risco	1	1	1	1	1	1	1	1			Risco	1	2	3	2	3	2	3				Risco	4	4	4	4	4	4	4								
36	Bacia de Evolução	36.1	Interação?	Sim								36.2	Interação?	Não								36.3	Interação?	Sim								36.4	Interação?	Sim								36.5	Interação?	Sim								36.6	Interação?	Não							
			Severidade	3									Severidade	1								36.3	Severidade	1								36.4	Severidade	1								36.5	Severidade	1								36.6	Severidade								
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-				Risco	1	1	1	1	1	1	1	1			Risco	1	2	3	2	3	2	3				Risco	4	4	4	4	4	4	4								
37	Sinalização Náutica	37.1	Interação?	Não								37.2	Interação?	Não								37.3	Interação?	Não								37.4	Interação?	Não								37.5	Interação?	Não								37.6	Interação?	Não							
			Severidade									37.2	Severidade									37.3	Severidade									37.4	Severidade									37.5	Severidade									37.6	Severidade								
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-				Risco	-	-	-	-	-	-	-	-			Risco	-	-	-	-	-	-	-				Risco	-	-	-	-	-	-	-								
38	Berços	38.1	Interação?	Não								38.2	Interação?	Não								38.3	Interação?	Sim								38.4	Interação?	Sim								38.5	Interação?	Sim								38.6	Interação?	Sim							
			Severidade									38.2	Severidade									38.3	Severidade	1								38.4	Severidade	1								38.5	Severidade	1								38.6	Severidade	1							
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-				Risco	1	1	1	1	1	1	1	1			Risco	1	2	3	2	3	2	3				Risco	4	4	4	4	4	4	4								
39	Edificações	39.1	Interação?	Não								39.2	Interação?	Não								39.3	Interação?	Não								39.4	Interação?	Não								39.5	Interação?	Não								39.6	Interação?	Sim							
			Severidade									39.2	Severidade									39.3	Severidade									39.4	Severidade									39.5	Severidade									39.6	Severidade	1							
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-				Risco	-	-	-	-	-	-	-	-			Risco	-	-	-	-	-	-	-				Risco	1	1	1	2	2	2	2								
40	Infraestrutura de Armazenamento	40.1	Interação?	Sim								40.2	Interação?	Sim								40.3	Interação?	Não								40.4	Interação?	Não								40.5	Interação?	Não								40.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1								40.2	Severidade	2								40.3	Severidade									40.4	Severidade									40.5	Severidade									40.6	Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	10	10	10	10	10	10	10				Risco	-	-	-	-	-	-	-	-			Risco	-	-	-	-	-	-	-				Risco	1	1	1	2	2	2	2								
41	Equipamentos de Içamento	41.1	Interação?	Sim								41.2	Interação?	Sim								41.3	Interação?	Sim								41.4	Interação?	Sim								41.5	Interação?	Sim								41.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1								41.2	Severidade	2								41.3	Severidade	1								41.4	Severidade	1								41.5	Severidade	1								41.6	Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	10	10	10	10	10	10	10				Risco	1	1	1	1	1	1	1	1			Risco	1	2	3	2	3	2	3				Risco	4	4	4	4	4	4	4								
42	Empilhadeiras	42.1	Interação?	Sim								42.2	Interação?	Sim								42.3	Interação?	Sim								42.4	Interação?	Sim								42.5	Interação?	Sim								42.6	Interação?	Não							
			Severidade	1								42.2	Severidade	1								42.3	Severidade	1								42.4	Severidade	1								42.5	Severidade	1								42.6	Severidade								
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	5	5	5	5	5	5	5				Risco	1	1	1	1	1	1	1	1			Risco	1	2	3	2	3	2	3				Risco	4	4	4	4	4	4	4								
43	Transportador Contínuo	43.1	Interação?	Sim								43.2	Interação?	Sim								43.3	Interação?	Sim								43.4	Interação?	Sim								43.5	Interação?	Sim								43.6	Interação?	Sim							
			Severidade	2								43.2	Severidade	2								43.3	Severidade	1								43.4	Severidade	1								43.5	Severidade	1								43.6	Severidade	1							
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	10	10	10	10	10	10	10				Risco	1	1	1	1	1	1	1	1			Risco	1	2	3	2	3	2	3				Risco	4	4	4	4	4	4	4								
44	Acesso Viário	44.1	Interação?	Sim								44.2	Interação?	Não								44.3	Interação?	Não								44.4	Interação?	Não								44.5	Interação?	Não								44.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1								44.2	Severidade									44.3	Severidade									44.4	Severidade									44.5	Severidade									44.6	Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-				Risco	-	-	-	-	-	-	-	-			Risco	-	-	-	-	-	-	-				Risco	1	1	1	2	2	2	2								

Tabela 67: Resumo do risco estrutural para Granéis Sólidos

RISCO ESTRUTURAL – GRANÉIS SÓLIDOS									
Infraestrutura	Risco	Linha de Base	2021-2040		2041-2060		2081-2100		Comentários
			SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	
Canal Externo	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. A característica danosa referente a esse evento crítico está relacionada ao aumento da sedimentação estuarina e a desconformação geométrica do Canal Externo, gerando perda de largura (planimetria) e profundidade (redução de calado). Nesse caso, o monitoramento do leito do Canal Externo com batimetria multifeixe e ADCP é necessário.
Canal Interno	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. O aumento da ocorrência desse evento climático crítico contribui para o processo de aumento da vazão fluvial e pluvial das áreas urbanas nos arredores do complexo portuário de Santos, proporcionando o aumento de processos de sedimentação do leito estuarino e a suspensão de particulados finos de solos, lodo e material orgânico, influenciando no processo de desconformação geométrica do Canal Interno, gerando perda de largura (planimetria) e profundidade (redução de calado). Nesse caso, o monitoramento do leito do Canal Interno com batimetria multifeixe e ADCP é necessário.
Bacia de Evolução	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. As bacias de evolução sofrem quanto a alterações do processo de vazão e sedimentação decorrentes das chuvas. Consequentemente, ocorre a desconformação geométrica das bacias, considerando perda das dimensões planimétricas (menores LOAs – comprimento de fora a fora dos navios) e de profundidade (calado dos navios). Nesse caso, o monitoramento do leito das bacias de evolução com batimetria multifeixe e ADCP é necessário.
Edificações	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante “médio” a partir de 2041. Os impactos são gerados são caracterizados pelo entupimento dos drenos das calhas de telhados, colapso do sistema de drenagem, deterioração de pintura externa da edificação, inclinação ao aumento de infiltrações e em condições mais extremas na ocorrência de inundações no entorno da edificação, surgimento de patologias de estruturas, sistema de cobertura e fechamento em alvenaria.
Infraestruturas de Armazenamento	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante “médio” a partir de 2041. As infraestruturas expostas a essas chuvas fortes necessitam maiores demandas de manutenções preventivas para perpetuação da vida útil da estrutura de silos e armazéns, com a lavagem, pintura externa com tinta hidrofugante e limpeza dos sistemas de drenagem nos arredores. Em condições críticas com a perpetuação de pontos de inundações, pode haver redução da vida útil da estrutura, causando colapsos estruturais, depreciação acelerada dos blocos, sapatas ou radiers de fundação ou causar algum recalque diferencial nas estruturas. Interrupção das balanças e moegas por questões de alagamentos também são sensíveis a inundações decorrentes a chuvas. A implementação de sistemas de monitoramento hidrometeorológicos pode auxiliar na gestão de inspeções.
Transportador Contínuo	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante “médio” a partir de 2041. A ocorrência de chuvas fortes frequentes demanda maiores manutenções preventivas para perpetuação da vida útil da linha do transportador contínuo, com a lavagem, pintura externa com tinta hidrofugante, limpeza dos sistemas de drenagem nos arredores das linhas e equipamentos de suporte. Em condições críticas com a perpetuação de pontos de inundações, possibilita impactos em conjunto de motores e queima de circuitos elétricos. Os mesmos circuitos, durante as tempestades, podem sofrer impactos devido à ocorrência de descargas elétricas.
Acesso Viário	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante “médio” a partir de 2041. Chuvas fortes podem levar à queda de árvores, patologias de pavimentos e vias férreas e inundações devido ao entupimento ou incapacidade de processamento do sistema de drenagem das vias. Esses impactos podem levar a custos de reparo e de atraso na movimentação das cargas.

Legenda: CF – Chuva Forte, CP – Chuva Persistente, VFO – Vento Forte, VM – Vento Moderado, VFR – Vento Fraco, ANM – Inundações devido ao Aumento de 0,2m do Nível do Mar

Tabela 68: Resumo do risco operacional para Granéis Sólidos

RISCO OPERACIONAL – GRANÉIS SÓLIDOS									
Infraestrutura	Risco	Linha de Base	2021-2040		2041-2060		2081-2100		Comentários
			SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	
Canal Externo	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante "médio. O dano operacional refere-se a atrasos de processamento de embarcações devido a espera nas áreas de fundeio devido ao fechamento da barra por questões de ausência de visibilidade e condições de segurança adequada decorrentes a CF. Além dos atrasos, ocorrem custos relativos a essa ineficiência do processamento das embarcações, atingindo todos os operadores especializados. A melhora do monitoramento hidrometereológico pode ajudar nas questões de planejamento do porto nessas ocasiões.
Canal Interno	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante "médio. A CF acarreta o fechamento da barra em decorrência a ausência de condições seguras à navegação e visibilidade para o comando das embarcações. Esses atrasos impactam em atrasos e os custos decorrentes aos mesmos. A melhora do monitoramento hidrometereológico pode ajudar nas questões de planejamento do porto nessas ocasiões. Outro aspecto, relacionado a CF, está a sedimentação acelerado do Canal Interno. Assim, para evitar encalhe de embarcações, faz-se necessário a operação de embarcações com menores fatores de estiva (navios operando abaixo da capacidade de carga), tornando o custo logístico e do frete marítimo mais elevado.
Bacia de Evolução	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é frequentemente para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é grave, o que torna o risco resultante "médio. As bacias de evolução sofrem com as CF a perda de aspectos geométricos da bacia. Operacionalmente as embarcações necessitam apresentar menores fatores de estiva (navios operam abaixo da capacidade de carga), tornando o custo logístico e do frete marítimo mais elevado, decorrente e essa restrição operacional do porto.
Infraestrutura de Armazenamento	Médio	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	Chuva Persistente: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “muito frequentemente” para todos os períodos históricos e para todos os cenários climáticos. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante "médio em todos os períodos e cenários. As principais vulnerabilidades tangem a redução da segurança no processamento das operações de armazenamento de granéis sólidos durante eventos de chuvas prolongadas e/ou fortes. Como são sensíveis a umidade, a paralisação das operações de granéis sólidos pode ocorrer com alta frequência e para além do limite de tempo programado, gerando custos extras.
Equipamentos de Içamento	Médio	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	Chuva Persistente: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “muito frequentemente” para todos os períodos históricos e para todos os cenários climáticos. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante "médio em todos os períodos e cenários. A paralisação operacional dos guindastes com <i>grabs</i> e <i>shiploaders</i> são decorrentes ao fechamento do porão dos navios devido a precipitação. No caso de cargas granéis não sensíveis a precipitação, a paralisação das manobras de içamento das cargas poderá ocorrer por falta de segurança devido à redução da visibilidade dos operadores de solo, convés e comando de equipamento.
Transportador Contínuo	Médio	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante "médio a partir de 2041. As CF impactam na paralisação operacional, decorrentes ao impacto em cargas granéis sensíveis a umidade (fechamento dos porões dos navios) e nos aspectos de segurança laboral da operação quanto a questões de visibilidade e riscos de queda. Nesse aspecto, por consequência, a linha de do transportador contínuo é paralisada, gerando atrasos e necessidade de cadências maiores quando do reinício da operação, tendo maior consumo de energia elétrica. Chuva Persistente: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “muito frequentemente” para todos os períodos históricos e para todos os cenários climáticos. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante "médio em todos os períodos e cenários. As CP impactam com paralisações somente no aspecto das cargas granéis sensíveis a umidade. Salienta-se aqui, que a paralisação dos transportadores contínuos para esse caso está relacionado à linha entre armazéns e silos para o porão do navio. Quando o terminal possuir sistema de balança, tulha e moegas rodoviárias e ferroviárias, a linha do transportador contínuo de recebimento não é afetada em condições de CF e CP.

Legenda: CF – Chuva Forte, CP – Chuva Persistente, VFO – Vento Forte, VM – Vento Moderado, VFR – Vento Fraco, ANM – Inundações devido ao Aumento de 0,2m do Nível do Mar

4.4.1.5. Carga Geral (Celulose)

Risco estrutural: De forma geral, o risco de maior grau é “médio” dentro da matriz de risco estrutural (Tabela 69). As interações que apresentam esse nível estão associadas à ameaça de Chuva Forte e as infraestruturas do Canal Externo, Interno, Bacia de Evolução, Berços, Edificações e Infraestruturas de Armazenamento.

Os principais impactos associados a essas interações incluem desconformação geométrica dos canais e da Bacia de Evolução, deterioração das estruturas de concreto e estabilidade de solos dos Berços, patologias na pavimentação do Acesso Viário e o entupimento de drenos e colapso da drenagem das Edificações.

Esses danos estruturais podem levar à geração de custos de manutenção e reparo não programados. Essa situação evidencia gastos que se já são tidos como prejuízos desde a linha de base e que podem permanecer ocorrendo até o fim do século. Isso se dá, pois, em termos de cenários de emissão de gases de efeito estufa e períodos de tempo, o risco permanece “médio” para essas interações.

Para uma melhor compreensão sobre os fatores determinantes e as consequências do risco estrutural “médio”, observe a Tabela 71.

Risco operacional: O maior grau de risco verificado na matriz de risco operacional é “médio” (Tabela 70). Isso acontece para interações que envolvem as ameaças Chuva Forte e Chuva Persistente.

Para chuvas fortes, problemas de paralisação por falta de visibilidade e segurança durante a navegação pode levar ao fechamento da barra nos canais externo e interno. A Bacia de Evolução, por sua vez, uma vez ocorrida a desconformação geométrica, pode levar à redução da estiva das embarcações e consequentemente do volume de cargas operadas.

Se tratando das infraestruturas de armazenamento e Equipamentos de Içamento, a primeira pode ser afetada também pelas chuvas persistentes que, assim como as chuvas fortes, impõe riscos às cargas de celulose que são sensíveis a umidade. Esse fator pode levar à paralisação das operações a fim de não deteriorar o produto operado. Para Equipamentos de Içamento, a paralisação operacional dos guindastes também é decorrente ao fechamento do porão dos navios devido a precipitação.

Em termos de temporalidade e cenários de emissão de gases de efeito estufa, o tempo e a variação da emissão não geram efeitos sobre o grau de risco verificado na matriz. Para uma melhor compreensão sobre os fatores determinantes e as consequências do risco estrutural “médio”, observe a Tabela 72.

Tabela 69: Risco estrutural para Carga Geral (Celulose)

AVALIAÇÃO DE RISCO CLIMÁTICO DO PORTO DE SANTOS																																																								
Perfil de Carga: Carga Geral																																																								
ID	INFRAESTRUTURA	ID	AMEAÇAS																																																					
			Chuva Forte								ID	Chuva Persistente								ID	Vento Forte								ID	Vento Moderado								ID	Vento Fraco								ID	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar								
			Chuva acima de 20 mm:									Chuva acima de 1 mm:									Vento acima de 10m/s (36 km/h):									Vento acima de 7m/s (25,2 km/h):									Vento acima de 3m/s (10,8km/h):									Inundação de 0,2m								
			Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	5	5	5	5	5	5	5		Probabilidade	1	1	1	1	1	1	1		Probabilidade	1	2	3	2	3	2	3		Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		Probabilidade	1	1	1	2	2	2	2	
				Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100		Histórico	2021-2040		2041-2060	2081-2100			Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100				Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100				Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100			Histórico	2021-2040		2041-2060	2081-2100			Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100										
95	Canal Externo	95.1	Interação?	Sim					95.2	Interação?	Não					95.3	Interação?	Sim					95.4	Interação?	Sim					95.5	Interação?	Sim					95.6	Interação?	Sim																	
			Severidade	3						Severidade						95.3	Severidade	1					95.4	Severidade	1					95.5	Severidade	1					95.6	Severidade	1																	
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	1	1	1	2	2	2	2	
96	Canal Interno	96.1	Interação?	Sim					96.2	Interação?	Não					96.3	Interação?	Sim					96.4	Interação?	Sim					96.5	Interação?	Sim					96.6	Interação?	Sim																	
			Severidade	3					96.2	Severidade						96.3	Severidade	1					96.4	Severidade	1					96.5	Severidade	1					96.6	Severidade	1																	
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	1	1	1	2	2	2	2
97	Bacia de Evolução	97.1	Interação?	Sim					97.2	Interação?	Não					97.3	Interação?	Sim					97.4	Interação?	Sim					97.5	Interação?	Sim					97.6	Interação?	Sim																	
			Severidade	3					97.2	Severidade						97.3	Severidade	1					97.4	Severidade	1					97.5	Severidade	1					97.6	Severidade	1																	
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	1	1	1	2	2	2	2
98	Sinalização Náutica	98.1	Interação?	Não					98.2	Interação?	Não					98.3	Interação?	Sim					98.4	Interação?	Sim					98.5	Interação?	Não					98.6	Interação?	Sim																	
			Severidade						98.2	Severidade						98.3	Severidade	1					98.4	Severidade	1					98.5	Severidade	1					98.6	Severidade	1																	
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2
99	Berços	99.1	Interação?	Sim					99.2	Interação?	Não					99.3	Interação?	Sim					99.4	Interação?	Sim					99.5	Interação?	Não					99.6	Interação?	Sim																	
			Severidade	2					99.2	Severidade						99.3	Severidade	1					99.4	Severidade	1					99.5	Severidade						99.6	Severidade	1																	
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2
100	Edificações	100.1	Interação?	Sim					100.2	Interação?	Não					100.3	Interação?	Sim					100.4	Interação?	Sim					100.5	Interação?	Não					100.6	Interação?	Sim																	
			Severidade	2					100.2	Severidade						100.3	Severidade	1					100.4	Severidade	1					100.5	Severidade						100.6	Severidade	1																	
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2
101	Infraestrutura de Armazenamento	101.1	Interação?	Sim					101.2	Interação?	Não					101.3	Interação?	Sim					101.4	Interação?	Sim					101.5	Interação?	Não					101.6	Interação?	Sim																	
			Severidade	2					101.2	Severidade						101.3	Severidade	1					101.4	Severidade	1					101.5	Severidade						101.6	Severidade	1																	
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2
102	Equipamentos de Lçamento	102.1	Interação?	Sim					102.2	Interação?	Não					102.3	Interação?	Sim					102.4	Interação?	Sim					102.5	Interação?	Não					102.6	Interação?	Sim																	
			Severidade	1					102.2	Severidade						102.3	Severidade	1					102.4	Severidade	1					102.5	Severidade						102.6	Severidade	1																	
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2
103	Empilhadeiras	103.1	Interação?	Sim					103.2	Interação?	Não					103.3	Interação?	Sim					103.4	Interação?	Sim					103.5	Interação?	Sim					103.6	Interação?	Não																	
			Severidade	1					103.2	Severidade						103.3	Severidade	1					103.4	Severidade	1					103.5	Severidade	1					103.6	Severidade																		
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-
104	Acesso Viário	104.1	Interação?	Sim					104.2	Interação?	Não					104.3	Interação?	Sim					104.4	Interação?	Sim					104.5	Interação?	Não					104.6	Interação?	Sim																	
			Severidade	1					104.2	Severidade						104.3	Severidade	1					104.4	Severidade	1					104.5	Severidade						104.6	Severidade	1																	
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2

Tabela 70: Risco operacional para Carga Geral (Celulose)

AVALIAÇÃO DE RISCO CLIMÁTICO DO PORTO DE SANTOS																																																													
Perfil de Carga: Carga Geral																																																													
ID	INFRAESTRUTURA	ID	AMEAÇAS																																																										
			Chuva Forte								ID	Chuva Persistente								ID	Vento Forte								ID	Vento Moderado								ID	Vento Fraco								ID	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar													
			Chuva acima de 20 mm:									Chuva acima de 1 mm:									Vento acima de 10m/s (36 km/h):									Vento acima de 7m/s (25,2 km/h):									Vento acima de 3m/s (10,8km/h):									Inundação de 0,2m													
			Probabilidade	4	4	4	4	4	4	4		4	Probabilidade	5	5	5	5	5	5		5	Probabilidade	1	1	1	1	1	1		1	1	Probabilidade	1	2	3	2	3		2	3	Probabilidade	4	4	4	4	4		4	4	4	Probabilidade	1	1	1	2	2	2	2			
				Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100						Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100						Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100						Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100						Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100						Histórico	2021-2040	2041-2060	2081-2100									
104	Canal Externo	104.1	Interação?	Sim								104.2	Interação?	Não								104.3	Interação?	Sim								104.4	Interação?	Sim								104.5	Interação?	Não								104.6	Interação?	Não							
			Severidade	3									Severidade									104.3	Severidade	1								104.4	Severidade	1								104.5	Severidade									104.6	Severidade								
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-				
105	Canal Interno	105.1	Interação?	Sim								105.2	Interação?	Não								105.3	Interação?	Sim								105.4	Interação?	Sim								105.5	Interação?	Sim								105.6	Interação?	Não							
			Severidade	3									Severidade									105.3	Severidade	1								105.4	Severidade	1								105.5	Severidade	1								105.6	Severidade								
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-			
106	Bacia de Evolução	106.1	Interação?	Sim								106.2	Interação?	Não								106.3	Interação?	Sim								106.4	Interação?	Sim								106.5	Interação?	Sim								106.6	Interação?	Não							
			Severidade	3									Severidade									106.3	Severidade	1								106.4	Severidade	1								106.5	Severidade	1								106.6	Severidade								
			Risco	12	12	12	12	12	12	12	12		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-			
107	Sinalização Náutica	107.1	Interação?	Não								107.2	Interação?	Não								107.3	Interação?	Não								107.4	Interação?	Não								107.5	Interação?	Não								107.6	Interação?	Não							
			Severidade									107.2	Severidade									107.3	Severidade									107.4	Severidade									107.5	Severidade									107.6	Severidade								
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-					
108	Berços	108.1	Interação?	Não								108.2	Interação?	Não								108.3	Interação?	Sim								108.4	Interação?	Sim								108.5	Interação?	Sim								108.6	Interação?	Sim							
			Severidade									108.2	Severidade									108.3	Severidade	1								108.4	Severidade	1								108.5	Severidade	1								108.6	Severidade	1							
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	1	1	1	2	2	2	2			
109	Edificações	109.1	Interação?	Não								109.2	Interação?	Não								109.3	Interação?	Sim								109.4	Interação?	Sim								109.5	Interação?	Não								109.6	Interação?	Sim							
			Severidade									109.2	Severidade									109.3	Severidade	1								109.4	Severidade	1								109.5	Severidade									109.6	Severidade	1							
			Risco	-	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2				
110	Infraestrutura de Armazenamento	110.1	Interação?	Sim								110.2	Interação?	Sim								110.3	Interação?	Sim								110.4	Interação?	Sim								110.5	Interação?	Não								110.6	Interação?	Sim							
			Severidade	2									Severidade	2								110.3	Severidade	1								110.4	Severidade	1								110.5	Severidade									110.6	Severidade	1							
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	10	10	10	10	10	10	10		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2				
111	Equipamentos de Lçamento	111.1	Interação?	Sim								111.2	Interação?	Sim								111.3	Interação?	Sim								111.4	Interação?	Sim								111.5	Interação?	Sim								111.6	Interação?	Sim							
			Severidade	2									Severidade	2								111.3	Severidade	2								111.4	Severidade	1								111.5	Severidade	1								111.6	Severidade	1							
			Risco	8	8	8	8	8	8	8	8		Risco	10	10	10	10	10	10	10		Risco	2	2	2	2	2	2	2	2		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	1	1	1	2	2	2	2			
112	Empilhadeiras	112.1	Interação?	Sim								112.2	Interação?	Sim								112.3	Interação?	Sim								112.4	Interação?	Sim								112.5	Interação?	Sim								112.6	Interação?	Não							
			Severidade	1									Severidade	1								112.3	Severidade	1								112.4	Severidade	1								112.5	Severidade	1								112.6	Severidade								
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	5	5	5	5	5	5	5		Risco	1	1	1	1	1	1	1	1		Risco	1	2	3	2	3	2	3		Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-			
113	Acesso Viário	113.1	Interação?	Sim								113.2	Interação?	Não								113.3	Interação?	Não								113.4	Interação?	Não								113.5	Interação?	Não								113.6	Interação?	Sim							
			Severidade	1									Severidade									113.3	Severidade									113.4	Severidade									113.5	Severidade									113.6	Severidade	1							
			Risco	4	4	4	4	4	4	4	4		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	-	-	-	-	-	-	-		Risco	1	1	1	2	2	2	2					

Tabela 71: Resumo do risco estrutural para Carga Geral (Celulose)

RISCO ESTRUTURAL – CARGA GERAL (CELULOSE)									
Infraestrutura	Risco	Linha de Base	2021-2040		2041-2060		2081-2100		Comentários
			SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	
Canal Externo	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante "médio". A característica danosa referente a esse evento crítico está relacionada ao aumento da sedimentação estuarina e a desconformação geométrica do Canal Externo, contendo perda de largura (planimetria) e profundidade (redução de calado). Nesse caso, o monitoramento do leito do Canal Externo com batimetria multifeixe e ADCP é necessário.
Canal Interno	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante "médio". O aumento da ocorrência desse evento climático crítico contribui para o processo de aumento da vazão fluvial e pluvial das áreas urbanas nos arredores do complexo portuário de Santos, proporcionando o aumento de processos de sedimentação do leito estuarino e a suspensão de particulados finos de solos, lodo e material orgânico, influenciando no processo de desconformação geométrica do Canal Interno, contendo perda de largura (planimetria) e profundidade (redução de calado). Nesse caso, o monitoramento do leito do Canal Interno com batimetria multifeixe e ADCP é necessário.
Bacia de Evolução	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante "médio". As bacias de evolução sofrem quanto a alterações do processo de vazão e sedimentação decorrentes das chuvas. Consequentemente, ocorre a desconformação geométrica das bacias, considerando perda das dimensões planimétricas (menores LOAs – comprimento de fora a fora – dos navios) e de profundidade (calado dos navios). Nesse caso, o monitoramento do leito das bacias de evolução com batimetria multifeixe e ADCP é necessário.
Berços	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante "médio" a partir de 2041. Nos Berços, a ameaça de Chuva Forte pode acelerar o processo de deterioração dos Berços, com a saturação dos solos junto à estrutura e saturação das drenagens dos Berços, e quando associado aos esforços dos equipamentos de apoio operacional para transferência e movimentação de cargas podem aumentar possíveis fissuras no pavimento do berço ou na interface solo e água, causando deterioração das estruturas de concreto e estabilidade de solos.
Edificações	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante "médio" a partir de 2041. Os impactos são gerados são caracterizados pelo entupimento dos drenos das calhas de telhados, colapso do sistema de drenagem, deterioração de pintura externa da edificação, inclinação ao aumento de infiltrações e em condições mais extremas na ocorrência de inundações no entorno da edificação, surgimento de patologias em estruturas e no sistema de cobertura e fechamento em alvenaria.
Acesso Viário	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante "médio" a partir de 2041. Chuvas fortes podem levar à queda de árvores, patologias de pavimentos e vias férreas e inundações devido ao entupimento ou incapacidade de processamento do sistema de drenagem das vias. Esses impactos podem levar a custos de reparo e de atraso na movimentação das cargas.

Legenda: CF – Chuva Forte, CP – Chuva Persistente, VFO – Vento Forte, VM – Vento Moderado, VFR – Vento Fraco, ANM – Inundações devido ao Aumento de 0,2m do Nível do Mar

Tabela 72: Resumo do risco operacional para Carga Geral (Celulose)

RISCO OPERACIONAL – CARGA GERAL (CELULOSE)									
Infraestrutura	Risco	Linha de Base	2021-2040		2041-2060		2081-2100		Comentários
			SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	
Canal Externo	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. O dano operacional refere-se a atrasos de processamento de embarcações devido a espera nas áreas de fundeio devido ao fechamento da barra por questões de ausência de visibilidade e condições de segurança adequada decorrentes a CF. Além dos atrasos, ocorrem custos relativos a essa ineficiência do processamento das embarcações, atingindo todos os operadores especializados. A melhora do monitoramento hidrometereológico pode ajudar nas questões de planejamento do porto nessas ocasiões.
Canal Interno	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. A CF acarreta o fechamento da barra em decorrência a ausência de condições seguras à navegação e visibilidade para o comando das embarcações. Esses atrasos impactam em atrasos e os custos decorrentes aos mesmos. A melhora do monitoramento hidrometereológico pode ajudar nas questões de planejamento do porto nessas ocasiões. Outro aspecto, relacionado a CF, é a sedimentação acelerada do Canal Interno. Assim, para evitar encalhe de embarcações, faz-se necessário a operação de embarcações com menores fatores de estiva (navios operando abaixo da capacidade de carga), tornando o custo logístico e do frete marítimo mais elevado.
Bacia de Evolução	Médio	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “grave”, o que torna o risco resultante “médio”. As bacias de evolução sofrem com as CF a perda de aspectos geométricos da bacia. Operacionalmente as embarcações necessitam apresentar menores fatores de estiva (navios operando abaixo da capacidade de carga, tornando o custo logístico e do frete marítimo mais elevado.
Infraestrutura de Armazenamento	Médio	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante “médio” a partir de 2041. As principais vulnerabilidades tangem a redução da segurança no processamento das operações de armazenamento de fardos de celulose durante eventos de chuvas prolongadas e/ou fortes. Como são sensíveis a umidade, a paralisação das operações de granéis sólidos pode ocorrer com alta frequência e para além do limite de tempo programado, gerando custos extras. Chuva Persistente: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “muito frequentemente” para todos os períodos históricos e para todos os cenários climáticos. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante “médio em todos os períodos e cenários. A Chuva Persistente também afeta em paralisações do processo de embarque de celulose em função da deterioração do produto com a umidade. Em ambos os casos de chuvas há prejuízos com perda de carga, o que geralmente é evitado com a paralisação. Porém, ocorrem atrasos, sobre-estadia de embarcações e custos. Um sistema de meteorologia dedicada ao operador seria útil no processo de assertividade das janelas de ocorrência da chuva e otimização dos recursos utilizados para o embarque dos mesmos.
Equipamentos de Içamento	Médio	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	CF / CP	Chuva Forte: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “frequentemente” para todos os cenários climáticos e todos os horizontes temporais. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante “médio” a partir de 2041. A paralisação operacional dos guindastes é decorrente ao fechamento do porão dos navios devido a precipitação. Esse risco está associado à sensibilidade da celulose frente a condições de alta umidade. Esses fatores podem gerar custos de paralisação ao operador, com desmobilização de equipamentos e cancelamento de turnos de trabalho. O monitoramento hidrometereológico dedicado pode prover informações mais assertivas ao operador. Chuva Persistente: A probabilidade de ocorrência dessa ameaça é “muito frequentemente” para todos os períodos históricos e para todos os cenários climáticos. Já a severidade dos impactos da ameaça na infraestrutura é “moderada”, o que torna o risco resultante “médio em todos os períodos e cenários. Esse risco está associado à sensibilidade da celulose frente a condições de alta umidade. Esses fatores podem gerar custos de paralisação ao operador, com desmobilização de equipamentos e cancelamento de turnos de trabalho. O monitoramento hidrometereológico dedicado pode prover informações mais assertivas ao operador.

4.5. Identificação das Medidas de Adaptação

A Tabela 73 representa as medidas desenvolvidas e recebidas pelos atores-chave do Porto de Santos. As células com fonte na cor verde são elementos adicionados ou complementados pela equipe consultora. As MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO nas células de cor verde são aquelas destacadas por serem de não arrependimento.

Tabela 73: Ficha Medidas de Adaptação para o Porto de Santos

RISCO	AMEAÇA	INFRAES-TRUTURA	MEDIDA DE ADAPTAÇÃO	TIPO DE MEDIDA	CUSTO¹ (Baixo, Mode- rado ou Alto)	BENEFÍCIOS² (Baixo, Mode- rado ou Alto)	PRAZO DE EXECUÇÃO³ (Curto, Médio ou Longo)	COMPLEXIDADE⁴ (Baixa, Média ou Alta)	URGÊNCIA⁵ (Baixa, Média ou Alta)	RESPONSÁ- -VEIS	OUTROS ATORES- -CHAVE	ANÁLISE CRÍTICA DA EQUIPE CONSULTORA
Médio	Chuva Forte	Acesso Viário	Construção de piscinões	Estrutural	Moderado	Alto	Longo	Alta	Urgência média	SPA / Prefeitura	Prefeitura	Todo cálculo hidrológico, necessário para o dimensionamento hidráulico de dispositivos de drenagem, deverá conter calibração de equação de chuvas para a realidade do clima do complexo portuário. Também sugere-se realizar uma análise de cenário dessa calibragem: (a) adotar as precipitações críticas projetadas; (b) adotar tempos de recorrência para o evento crítico menores; (c) adotar em conjunto os dados de (a) e (b). Esta medida poderá reduzir a pressão da interação ameaça-infraestrutura, na medida em que poderia garantir o correto escoamento da água. É preciso avaliar a viabilidade técnica e financeira dessa medida, buscando evitar desapropriações, por exemplo. É um tipo de intervenção complexa, mas que poderia garantir a prestação de serviço adequado na medida em que evitaria problemas viários que poderiam provocar o desabastecimento de produtos ou escoamento do navio.
			Construção de estações de bombas	Estrutural	Moderado	Alto	Longo	Alta	Urgência média	SPA / Prefeitura	Prefeitura	Executar a construção considerando as condições críticas do clima futuro no projeto hidráulico. É uma medida de alta complexidade e que tem custo moderado, o que exige que ela seja mais bem estudada para avaliar a viabilidade técnica e financeira. Em teoria pode garantir a regularidade das operações, que não seriam comprometidas por eventos climáticos adversos. Garantiria o escoamento forçado da água nas vias, reduzindo impactos sobre o transporte e escoamento de materiais.
			Construção de caixa de retenção com visita e sistemas de comportas	Estrutural	Moderado	Alto	Longo	Alta	Urgência média	SPA	Prefeitura	Executar a construção considerando as condições críticas do clima futuro no projeto hidráulico. É uma medida de alta complexidade e que tem alto custo, o que exige que ela seja mais bem estudada para avaliar a viabilidade técnica e financeira. Em teoria pode garantir a regularidade das operações, que não seriam comprometidas por eventos climáticos adversos. É preciso que haja cuidado para avaliar o ponto ideal de execução da medida, de forma que ela não crie problema em outras áreas.
			Obras de drenagem a montante e no local	Estrutural	Alto	Alto	Longo	Alta	Urgência média	SPA / Prefeitura	Prefeitura	Executar as obras considerando as condições críticas do clima futuro no projeto hidráulico. É uma medida de alta complexidade e que tem alto custo, o que exige que ela seja mais bem estudada para avaliar a viabilidade técnica e financeira. Em teoria pode garantir a regularidade das operações, que não seriam comprometidas por eventos climáticos adversos. Essa ação poderia reduzir os alagamentos em alguns pontos, evitando engarrafamentos e atrasos no embarque e desembarque de carga.

v			Novos sistemas viários	Estrutural	Alto	Alto	Longo	Alta	Urgência média	SPA	Prefeitura	Caso a via possua faixa de estacionamento para veículos de passeio, considerar o uso de asfalto poroso ou concreto poroso para facilitar infiltração do escoamento superficial. Incluir dreno profundo e impermeabilização da base na faixa de rolamento. Nos cruzamentos semaforizados e paradas de ônibus, executar segmento para frenagem e aceleração de veículos de grande porte em pavimento rígido. Quando a via compreender grande tráfego de veículos de carga, indica-se o uso de pavimento rígido em todo o projeto. É uma medida de alta complexidade e que tem alto custo, o que exige que ela seja mais bem estudada para avaliar a viabilidade técnica e financeira. Em teoria pode garantir a regularidade das operações, que não seriam comprometidas por eventos climáticos adversos. Poderia aumentar a eficiência do escoamento de produtos, uma vez que parte da carga é transportada por meio rodoviário.
			Aumento de capacidade de retenção (canal de retenção)	Estrutural	Moderado	Moderado	Longo	Alta	Urgência média	SPA	Prefeitura	Executar a instalação considerando as condições críticas do clima futuro no projeto hidráulico. É uma medida de alta complexidade e que tem custo moderado, o que exige que ela seja mais bem estudada para avaliar a viabilidade técnica e financeira.
			Substituição de passarelas para passagem de nível	Estrutural	Moderado	Moderado	Longo	Média	Urgência média	SPA / Terminais portuários		Indicado para as vias que são rotas para veículos pesados de transporte de cargas de projeto. Para os demais terminais, verificar o impacto na retenção do trânsito em função da mudança para a passagem de nível. Em vias expressas e arteriais recomenda-se o uso de passarelas. É uma medida que poderia aumentar a segurança, reduzindo eventuais acidentes que poderiam também afetar a operação no porto.
			Manutenção das vias	Estrutural	Moderado	Moderado	Curto	Média	Urgente	SPA / Prefeitura		Enfatização da importância para o Poder Público Municipal. Verificar a possibilidade de elaboração de PPP para conservação e operação dos corredores de acesso ao porto sob jurisdição municipal. É uma medida que ajuda na eficiência e regularidade das operações, uma vez que parte da carga é transportada por meio rodoviário.
			Construção e manutenção de áreas verdes e permeáveis	Estrutural	Baixo	Moderado	Curto	Baixa	Urgência média	SPA / Terminais portuários		Interessante para a otimização do sistema de drenagem e redução do escoamento superficial. Esta medida poderá reduzir a pressão da interação ameaça-infraestrutura, na medida em que poderia garantir o correto escoamento da água.
			Alteração de modais	Estrutural	Alto	Alto	Longo	Alta	Urgência média	SPA / ANTAQ	SPN / Empresas do setor ferroviário	A medida poderia aumentar a eficiência das operações, pois poderia garantir um escoamento de produtos mais rápido e em maior quantidade, além de ser menos afetado por efeitos adversos. Em todo caso, é preciso que sejam incorporados elementos climáticos nos projetos.
			Estabelecimento de parcerias com município	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	SPA		Ação benéfica para apoio e auxílio ao planejamento de obras e serviços voltados à mitigação dos impactos dos eventos climáticos extremos. Esta medida pode garantir o correto planejamento das atividades futuras do porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados. É uma medida de “não arrependimento”.
			Procedimento de limpeza de vias	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgente	SPA / Terminais portuários		Interessante para a otimização do sistema de drenagem e redução do entupimento de bueiros, bocas de lobo e caixas de passagem. É uma medida que ajuda na eficiência e regularidade das operações, uma vez que parte da carga é transportada por meio rodoviário.
			Acompanhamento meteorológico por meio de sensores e micromodelagem climática	Estrutural	Moderado	Baixo	Médio	Média	Urgente			As bases e projeções devem ser realizadas na escala geográfica do porto e da área de acesso e com obtenção de dados de microclima e de hidráulica marinha na mesma densidade das estações meteorológicas. Os dados coletados e utilizados na modelagem devem ser guardados em repositórios para facilitar o refino dos modelos e proporcionar melhores análises de séries temporais. A avaliação dos dados poderá ser centralizada. Essa sistematização deve ser encarada como um importante instrumento para a autoridade portuária. Importante destacar que quanto maior a aplicação de telemetria e sensoriamento remoto e transmissão de dados online/RFID/rede sem fio maior será a integridade dos dados. A implantação sistêmica de projeções serve para melhorar o planejamento operacional e proporcionar um sistema de tomada de decisão para mitigação de eventos críticos. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”.

			Avaliação de pontos críticos	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	SPA / Terminais portuários		O resultado dessa avaliação necessita ser registrado no Sistema de Apoio à Tomada de Decisão, com descrição dos principais problemas da infraestrutura, as consequências (alagamentos, deterioração de pavimento, impossibilidade de tráfego etc), local, data e demais informações pertinentes. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do Porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”.
			Planejamento de obras de drenagem	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	SPA	Prefeitura	Executar considerando as condições críticas do clima futuro no projeto hidráulico. Esta medida pode garantir a continuidade dos serviços prestados, uma vez que os projetos poderão incluir a variável climática, reduzindo potenciais paralisações que podem gerar custos operacionais importantes.
			Atualização de parâmetros de projeto	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	SPA		Executar considerando as condições críticas do clima futuro no projeto hidráulico. Esta medida pode garantir a continuidade dos serviços prestados, uma vez que os projetos poderão incluir a variável climática, reduzindo potenciais paralisações que podem gerar custos operacionais importantes.
			Estruturação de um Programa de fiscalização	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	SPA		Programas de fiscalização podem fornecer informações importantes para a definição de ações corretivas ou de processos operacionais que solucionem o problema observado. Também podem ter papel educador, uma vez que a fiscalização pode usar multas como instrumentos de controle
			Controle de cargas	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	SPA / Terminais portuários		Inclusão de sistema de regulação do tráfego ocorrido internamente em Santos, entre a área portuária e área retroportuária onde não ocorre controle e fiscalização de peso de veículos. Sobre peso veicular acarreta deterioração e perda funcional dos pavimentos nas vias urbanas. Veículos que se destinam ao sistema Anchieta/Imigrantes estão sujeitos a fiscalização e controle nas balanças da concessionária. É uma medida que ajuda na eficiência e regularidade das operações, uma vez que parte da carga é transportada por meio rodoviário.
			Normatizações - Contratos com terminais que podem envolver medidas de melhoria da drenagem	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	SPA		Executar considerando as condições críticas do clima futuro no projeto hidráulico. Esta medida poderá reduzir a pressão da interação ameaça-infraestrutura, na medida em que poderia garantir o correto escoamento da água. É preciso avaliar a viabilidade técnica e financeira dessa medida.
			Fiscalizações	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgente	SPA		Programas de fiscalização podem fornecer informações importantes para a definição de ações corretivas ou de processos operacionais que solucionem o problema observado. Também podem ter papel educador, uma vez que a fiscalização pode usar multas como instrumentos de controle
Médio	Chuva Forte	Equipamentos de Içamento e Transportador Contínuo	Cobertura para a área de embarque	Estrutural	Moderado	Moderado	Longo	Alta	Pouco urgente	Terminais portuários		Ação de mitigação das paralisações operacionais decorrentes da chuva durante o embarque e desembarque de grãos (soja, milho, farelos, açúcar e fertilizantes). Pode ser uma opção para o embarque de celulose. Esta medida poderá reduzir a pressão da interação ameaça-infraestrutura, na medida em que poderia proteger o produto de intempéries climáticas É preciso avaliar a viabilidade técnica e financeira dessa medida.
			Área pulmão (retro porto) para armazenamento (silos)	Estrutural	Moderado	Moderado	Longo	Alta	Pouco urgente	Terminais portuários		Estratégia operacional para aumentar a capacidade operacional de processamento de veículos terrestres (caminhões e trens) no caso de paradas significativas do processamento de navios. Interessante inserir no projeto dessas infraestruturas características construtivas para elevação de cotas, como aterros, como medida de proteção a inundações. Esta medida pode garantir maior eficiência da operação, aproveitando-se de momentos em que não haja condições climáticas adversas.
			Silos	Estrutural	Alto	Moderado	Longo	Alta	Pouco urgente	Terminais portuários		O aumento da capacidade de silos é estratégia operacional de não parada de processamento de veículos terrestres. Se os silos estiverem na área portuária, próximos a linha do cais, projetar a nova infraestrutura considerando cotas mais altas, como medida de proteção a inundações decorrentes de ressacas e da elevação do nível do mar. Esta medida pode garantir maior eficiência da operação, aproveitando-se de momentos em que não haja condições climáticas adversas.
			Estação meteorológica	Estrutural	Moderado	Baixo	Médio	Média	Urgente	SPA		Recomenda-se um aumento expressivo na malha de estações meteorológicas para uso do Porto de Santos, a possibilitar análise e previsões climáticas a nível de micro-clima. Precipitação, ventos, umidade, temperatura e pressão são as variáveis mínimas. Recomenda-se também a implantação de estações fluviométricas para captura de dados da hidráulica estuarina. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do Porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”.

			Estudo para avaliar a viabilidade técnica e financeira de implementar uma infraestrutura de cobertura	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	Terminais portuários		Incluir no estudo a análise de cenários críticos das emissões. Também incluir no estudo os dados do Sistema de Apoio à Tomada de Decisão. Esta medida pode garantir a continuidade dos serviços prestados, uma vez que os projetos poderão incluir a variável climática, reduzindo potenciais paralisações que podem gerar custos operacionais importantes.
			Estudo de engenharia para avaliar a viabilidade técnica e financeira de um equipamento de carga que opere em condições de chuva	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	Terminais portuários		Incluir no estudo a análise de cenários críticos das emissões. Também incluir no estudo os dados do Sistema de Apoio à Tomada de Decisão. Esta medida pode garantir a continuidade dos serviços prestados, uma vez que os projetos poderão incluir a variável climática, reduzindo potenciais paralisações que podem gerar custos operacionais importantes.
			Atualização /revisão do plano de operação	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	Terminais portuários		Incluir na atualização os dados e análises do Sistema de Apoio a Tomada de Decisão proposto nesse estudo. Esta medida pode garantir a continuidade dos serviços prestados, além de garantir regularidade da operação e aumento da segurança. O plano pode incluir a variável climática, reduzindo potenciais paralisações que podem gerar custos operacionais importantes.
			Acompanhamento meteorológico por meio de sensores e micromodelagem climática	Estrutural	Moderado	Baixo	Médio	Média	Urgente			As bases e projeções devem ser realizadas na escala geográfica do porto e da área de acesso e com obtenção de dados de microclima e de hidráulica marinha na mesma densidade das estações meteorológicas. Os dados coletados e utilizados na modelagem devem ser guardados em repositórios para facilitar o refino dos modelos e proporcionar melhores análises de séries temporais. A avaliação dos dados poderá ser centralizada. Essa sistematização deve ser encarada como um importante instrumento para a autoridade portuária. Importante destacar que quanto maior a aplicação de telemetria e sensoriamento remoto e transmissão de dados online/RFID/rede sem fio maior será a integridade dos dados. A implantação sistêmica de projeções serve para melhorar o planejamento operacional e proporcionar um sistema de tomada de decisão para mitigação de eventos críticos. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”.
			Parcerias para acessar monitoramento meteorológico mais assertivo e ampliar o monitoramento (radar)	Gerencial	Baixo	Moderado	Curto	Média	Urgente	SPA / Terminais portuários		As informações meteorológicas devem ser compartilhadas com Operadores, Capitania dos Portos, Praticagem e Autoridade Portuária. Somente a análise preditiva do clima, deve ser centralizada em um ator, que será responsável pelo compartilhamento das previsões, contendo as características específicas para cada operador e terminal. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do Porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”.
			Parcerias para ampliar o monitoramento meteorológico	Gerencial	Baixo	Moderado	Curto	Média	Urgente	SPA / Terminais portuários		Avaliar a possibilidade da inclusão de um prestador de serviço para todo esse trabalho analítico, inserindo a infraestrutura de sensores e o trabalho analítico de coleta, registro, predição e análise de risco meteorológico. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do Porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”.
			Estudo para levantar outros modelos de movimentação de carga em condições adversas (p.ex., navios multi-propósito, Container)	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	Terminais portuários		Esta ação busca aumentar a eficiência na movimentação das cargas, mesmo em condições adversas, o que poderia maximizar a receita da operação, sem depender de restrições de peso, volume e disponibilidade de contêineres, por exemplo.

			Estudo de impacto da mudança do clima na Cadeia logística	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgente	SPA		Recomenda-se que o estudo aborde: (a) a inclusão das variáveis climáticas no modelo de negócios considerando o registro sistemático dos impactos operacionais contendo o evento climático, tempo de ocorrência, tipo de impacto e o custo; (b) elasticidade dos preços devido a inclusão das variáveis climáticas na formação de custos, frente a impactos na relação de Oferta e Demanda; e (c) impactos financeiros dos custos em detrimento ao risco do fechamento da operação ou a migração do operador. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do Porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”.
Médio	Chuva Forte	Canal (interno, externo e bacia de evolução)	Sistemas de calados dinâmicos de monitoramento de calado disponível (quantidade de carga possível a ser carregada no navio)	Estrutural	Alto	Moderado	Longo	Alta	Urgente	SPA	Praticagem / Capitania	Possibilita a otimização operacional dos terminais portuários relacionados a janelas de profundidade disponíveis no canal interno. Porém, recomenda-se que essa tecnologia não iniba a realização de dragagens no canal interno, canal externo e bacia de evolução. A mensuração dinâmica da profundidade, vazões estuarinas, coluna salina, sedimentação e o monitoramento das marés são extremamente necessários para planejar obras de mitigação dos impactos do ambiente antropizado urbano (despejo de esgotos e lixo e vazões pluviais providas do ambiente urbano) que afetam a qualidade física e ambiental do canal interno.
			Obtenção de novas tecnologias para melhorar a sinalização (boias com transmissão de radiofrequência pra localização: ajuda em caso de chuvas fortes e neblinas) - navegação por instrumentos	Estrutural	Moderado	Moderado	Curto	Média	Urgente	SPA	Praticagem / Capitania	Medida de melhoria na segurança na navegação, que pode manter a regularidade das operações mesmo em condições adversas de visibilidade.
			Aumento da frequência e volume da dragagem	Estrutural	Alto	Moderado	Longo	Alta	Urgente	SPA		Medida de melhoria na segurança na navegação. É uma medida de alta complexidade e alto custo, portanto, é importante avaliar outras medidas que poderiam ser incorporadas para evitar o depósito de resíduos no canal. De todo modo, o aumento do calado permite a regularidade da operação. Em uma situação extrema, de navio encalhado, poderia haver prejuízos econômicos enormes.
			Sinalização atualizadas com as cartas náuticas	Estrutural	Moderado	Baixo	Curto	Baixa	Urgente	SPA	Praticagem / Capitania	Medida de melhoria na segurança na navegação
			Acompanhamento meteorológico por meio de sensores e micromodelagem climática	Estrutural	Moderado	Baixo	Médio	Média	Urgente			As bases e projeções devem ser realizadas na escala geográfica do porto e da área de acesso e com obtenção de dados de microclima e de hidráulica marinha na mesma densidade das estações meteorológicas. Os dados coletados e utilizados na modelagem devem ser guardados em repositórios para facilitar o refino dos modelos e proporcionar melhores análises de séries temporais. A avaliação dos dados poderá ser centralizada. Essa sistematização deve ser encarada como um importante instrumento para a autoridade portuária. Importante destacar que quanto maior a aplicação de telemetria e sensoriamento remoto e transmissão de dados online/RFID/rede sem fio maior será a integridade dos dados. A implantação sistêmica de projeções serve para melhorar o planejamento operacional e proporcionar um sistema de tomada de decisão para mitigação de eventos críticos. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”.

			Comunicação sobre a previsão de chuvas fortes mais integrada para todos os terminais	Gerencial	Moderado	Moderado	Médio	Média	Urgente	SPA / Terminais portuários		Conforme Sistema de Apoio a Tomada de Decisão proposto. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades do Porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”, pois pode gerar informações úteis a toda a operação sobre toda a gama de riscos climáticos a um custo moderado.
			Parcerias com outros terminais para garantir o atendimento das janelas dos navios (evitar o tempo de espera)	Gerencial	Baixo	Moderado	Curto	Média	Urgência média	SPA / Terminais portuários		Possibilita melhoria na comunicação e compartilhamento das responsabilidades quanto aos tempos de espera. Isso poderá garantir a eficiência do porto, que poderia operar mais rapidamente nos momentos em que as condições climáticas permitem.
			Alteração da velocidade de navegação ("Just-in-time" / IMO)	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	SPA		A rede hidrometeorológica utilizada para a previsão de eventos críticos poderá ter custeio compartilhado com outras ferramentas de gestão e controle de navegação. Essa infraestrutura deverá ter acesso aos dados compartilhados entre Capitania dos Portos, Praticagem, Autoridade Portuária e Operadores.
Médio	Chuva Forte	Edificações e Infraestruturas de Armazenamento	Acompanhamento meteorológico por meio de sensores e micromodelagem climática	Estrutural	Moderado	Baixo	Médio	Média	Urgente			As bases e projeções devem ser realizadas na escala geográfica do porto e da área de acesso e com obtenção de dados de microclima e de hidráulica marinha na mesma densidade das estações meteorológicas. Os dados coletados e utilizados na modelagem devem ser guardados em repositórios para facilitar o refino dos modelos e proporcionar melhores análises de séries temporais. A avaliação dos dados poderá ser centralizada. Essa sistematização deve ser encarada como um importante instrumento para a autoridade portuária. Importante destacar que quanto maior a aplicação de telemetria e sensoriamento remoto e transmissão de dados online/RFID/rede sem fio maior será a integridade dos dados. A implantação sistêmica de projeções serve para melhorar o planejamento operacional e proporcionar um sistema de tomada de decisão para mitigação de eventos críticos. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”.
			Ajuste no procedimento operacional	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média			Medida de otimização de processo. Necessário respeitar as características específicas da manipulação das cargas de cada operador. É uma medida de “não arrependimento”, pois pode considerar e preparar o Porto para toda a gama de riscos climáticos a um custo baixo.
			Reforço das estruturas das edificações	Estrutural	Moderado	Moderado	Médio	Baixa	Urgência média			Deve considerar variáveis climáticas projetadas no futuro. Esta medida poderá reduzir a pressão da interação ameaça-infraestrutura.
			Readequação das infraestruturas de drenagem	Estrutural	Moderado	Moderado	Médio	Baixa	Urgência média			Executar a readequação considerando as condições críticas do clima futuro no projeto hidráulico. Esta medida poderá reduzir a pressão da interação ameaça-infraestrutura, na medida em que poderia garantir o correto escoamento da água. É preciso avaliar a viabilidade técnica e financeira dessa medida
			Manutenção predial	Estrutural	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média			Medida de conservação patrimonial, segurança laboral e aumento da eficiência logística. Manutenção tem que ser encarada como item relativo à maximização operacional, sendo encarada mais como manutenção preventiva a corretiva. Necessário estabelecer protocolo de ações de vistoria após evento climático. Operadores têm flexibilidade da execução, decorrente da especificidade de cada carga operada

Médio	Chuva Forte	Berços	Ajuste no procedimento operacional	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média			Medida de otimização de processo. Necessário incluir a variável eventos climáticos adversos. Respeitar as características específicas da manipulação das cargas de cada operador. É uma medida de “não arrependimento”, pois pode considerar e preparar o Porto para toda a gama de riscos climáticos a um custo baixo.
			Acompanhamento meteorológico por meio de sensores e micromodelagem climática	Estrutural	Moderado	Baixo	Médio	Média	Urgente			As bases e projeções devem ser realizadas na escala geográfica do porto e da área de acesso e com obtenção de dados de microclima e de hidráulica marinha na mesma densidade das estações meteorológicas. Os dados coletados e utilizados na modelagem devem ser guardados em repositórios para facilitar o refino dos modelos e proporcionar melhores análises de séries temporais. A avaliação dos dados poderá ser centralizada. Essa sistematização deve ser encarada como um importante instrumento para a autoridade portuária. Importante destacar que quanto maior a aplicação de telemetria e sensoriamento remoto e transmissão de dados online/RFID/rede sem fio maior será a integridade dos dados. A implantação sistêmica de projeções serve para melhorar o planejamento operacional e proporcionar um sistema de tomada de decisão para mitigação de eventos críticos. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”.
			Reforço das estruturas do cais	Estrutural	Moderado	Moderado	Médio	Baixa	Urgência média			Reforço ou elevação de cota de infraestrutura via aterro associado a muros de arrimo, caixões ou cortinas atirantadas. Interessante também realizar construções de contenções, diques ou sistemas de <i>polders</i> no canal interno. É uma medida que pode garantir a segurança da operação, ao mesmo tempo em que garante a regularidade mesmo em condições adversas, evitando-se danos e prejuízos financeiros.
Médio	Chuva Persistente	Edificações e Infraestrutura de Armazenamento	Acompanhamento meteorológico por meio de sensores e micromodelagem climática	Estrutural	Moderado	Baixo	Médio	Média	Urgente			As bases e projeções devem ser realizadas na escala geográfica do porto e da área de acesso e com obtenção de dados de microclima e de hidráulica marinha na mesma densidade das estações meteorológicas. Os dados coletados e utilizados na modelagem devem ser guardados em repositórios para facilitar o refino dos modelos e proporcionar melhores análises de séries temporais. A avaliação dos dados poderá ser centralizada. Essa sistematização deve ser encarada como um importante instrumento para a autoridade portuária. Importante destacar que quanto maior a aplicação de telemetria e sensoriamento remoto e transmissão de dados online/RFID/rede sem fio maior será a integridade dos dados. A implantação sistêmica de projeções serve para melhorar o planejamento operacional e proporcionar um sistema de tomada de decisão para mitigação de eventos críticos. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”.
			Ajuste no procedimento operacional	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média			Medida de otimização de processo. Necessário incluir a variável eventos climáticos adversos. Respeitar as características específicas da manipulação das cargas de cada operador.
			Reforço das estruturas das edificações	Estrutural	Moderado	Moderado	Médio	Baixa	Urgência média			Deve considerar as variáveis climáticas projetadas no futuro.
			Readequação das infraestruturas de drenagem	Estrutural	Moderado	Moderado	Médio	Baixa	Urgência média			Executar a readequação considerando as condições críticas do clima futuro no projeto hidráulico. Esta medida poderá reduzir a pressão da interação ameaça-infraestrutura, na medida em que poderia garantir o correto escoamento da água.
			Manutenção predial	Estrutural	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média			Medida de conservação patrimonial, segurança laboral e aumento da eficiência logística. Manutenção tem que ser encarada como item relativo à maximização operacional, sendo encarada mais como manutenção preventiva a corretiva. Necessário estabelecer protocolo de ações de vistoria após evento climático. Operadores têm flexibilidade da execução, decorrente da especificidade de cada carga operada

Médio	Chuva Per-sistente	Equipa-mentos de Içamento, Empilha-deira e Transpor-tador Con-tínuo	Cobertura para a área de embar-que	Estrutural	Modera-do	Moderado	Longo	Alta	Pouco urgente	Terminais portuários		Ação de mitigação das paralisações operacionais decorrentes da chuva durante o embarque e desembarque de graneis (soja, milho, farelos, açúcar e fertilizantes). Pode ser uma opção para o embarque de celulose.
			Área pulmão (re-tro porto) para armazenamento (silos)	Estrutural	Modera-do	Moderado	Longo	Alta	Pouco urgente	Terminais portuários		Estratégia operacional para aumentar a capacidade operacional de processamen-to de veículos terrestres (caminhões e trens) no caso de paradas significativas do processamento de navios. Interessante inserir no projeto dessas infraestruturas características construtivas para elevação de cotas, como aterros, como medida de proteção a inundações.
			Silos	Estrutural	Alto	Moderado	Longo	Alta	Pouco urgente	Terminais portuários		O aumento da capacidade de silos é estratégia operacional de não parada de pro-cessamento de veículos terrestres. Se os silos estiverem na área portuária, próximos a linha do cais, projetar a nova infraestrutura considerando cotas mais altas, como medida de proteção a inundações decorrentes de ressacas e da elevação do nível do mar. Esta medida pode garantir maior eficiência da operação, aproveitando-se de mo-mentos em que não haja condições climáticas adversas.
			Acompanhamen-to meteorológico por meio de sensores e mi-cromodelagem climática	Estrutural	Modera-do	Baixo	Médio	Média		SPA		As bases e projeções devem ser realizadas na escala geográfica do porto e da área de acesso e com obtenção de dados de microclima e de hidráulica marinha na mesma densidade das estações meteorológicas. Os dados coletados e utilizados na modelagem devem ser guardados em repositórios para facilitar o refino dos modelos e proporcionar melhores análises de séries tempo-rais. A avaliação dos dados poderá ser centralizada. Essa sistematização deve ser encarada como um importante instrumento para a au-toridade portuária. Importante destacar que quanto maior a aplicação de telemetria e sensoriamento remoto e transmissão de dados online/RFID/rede sem fio maior será a integridade dos dados. A implantação sistêmica de projeções serve para melhorar o planejamento opera-cional e proporcionar um sistema de tomada de decisão para mitigação de eventos críticos. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à seguran-ça da operação. É uma medida de “não arrependimento”.
			Estudo para avaliar a viabili-dade técnica e financeira de im-plementar uma infraestrutura de cobertura	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência mé-dia	Terminais portuários		Incluir no estudo a análise de cenários críticos das emissões e os dados do Sistema de Apoio à Tomada de Decisão. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segu-rança da operação, mesmo em condições adversas de chuva. Essa é uma medida particularmente importante para graneis sólidos.
			Estudo de en-genharia para avaliar a viabili-dade técnica e financeira de um equipamento de carga que opere em condições de chuva	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência mé-dia	Terminais portuários		Incluir no estudo a análise de cenários críticos das emissões e os dados do Sistema de Apoio à Tomada de Decisão. É uma medida que pode garantir a regularidade das operações no futuro, além de promover um serviço adequado e mais eficiente mesmo em condições adversas.
			Atualização/ revisão do plano de operação	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência mé-dia	Terminais portuários		Incluir na atualização os dados e análises do Sistema de Apoio a Tomada de Decisão proposto nesse estudo. Esta medida pode garantir a continuidade dos serviços prestados, além de garantir regularidade da operação e aumento da segurança. O plano pode incluir a variável climática, reduzindo potenciais paralisações que podem gerar custos operacionais importantes.
			Parcerias para acessar monito-ramento mete-orológico mais assertivo e am-pliar o monitora-mento (radar)	Gerencial	Baixo	Moderado	Curto	Média	Urgente	SPA / Termi-nais portuários		As informações meteorológicas devem ser compartilhadas com Operadores, Capi-tania dos Portos, Praticagem e Autoridade Portuária. Somente a análise preditiva do clima, deve ser centralizada em um ator, que será responsável pelo compartilha-mento das previsões, contendo as características específicas para cada operador e terminal. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do Porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segu-rança da operação. É uma medida de “não arrependimento”, pois pode auxiliar no desenvolvimento informações sobre toda a gama de riscos climáticos a um custo moderado. Com informações em tempo real, há mais segurança para manobras e para o planejamento do embarque e desembarque de navios.

			Parcerias para ampliar o monitoramento meteorológico	Gerencial	Baixo	Moderado	Curto	Média	Urgente	SPA / Terminais portuários		Avaliar a possibilidade da inclusão de um prestador de serviço para todo esse trabalho analítico, inserindo a infraestrutura de sensores e o trabalho analítico de coleta, registro, predição e análise de risco meteorológico. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”, pois pode auxiliar no desenvolvimento informações sobre toda a gama de riscos climáticos a um custo moderado. Com informações em tempo real, há mais segurança para manobras e para o planejamento do embarque e desembarque de navios.
			Estudo para levantar outros modelos de movimentação de carga em condições adversas (p.ex., navios multi-propósito, Container)	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	Terminais portuários		Esta ação busca aumentar a eficiência na movimentação das cargas, mesmo em condições adversas, o que poderia maximizar a receita da operação, sem depender de restrições de peso, volume e disponibilidade de contêineres, por exemplo.
			Estudo de impacto da mudança do clima na Cadeia logística	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgente	SPA		Recomenda-se que o estudo aborde: (a) a inclusão das variáveis climáticas no modelo de negócios considerando o registro sistemático dos impactos operacionais contendo o evento climático, tempo de ocorrência, tipo de impacto e o custo; (b) a elasticidade dos preços devido a inclusão das variáveis climáticas na formação dos custos, frente a impactos na relação de Oferta e Demanda; e (c) os impactos financeiros dos custos em detrimento ao risco do fechamento da operação ou a migração do operador. Esta medida deverá garantir o correto planejamento das atividades futuras do Porto, que pode se traduzir na continuidade dos serviços prestados com atenção à segurança da operação. É uma medida de “não arrependimento”, pois pode auxiliar no desenvolvimento informações sobre toda a gama de riscos climáticos a um custo moderado.
Médio	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar	Berços	Aumento da altura da infraestrutura dos berços	Estrutural	Alto	Alto	Longo	Alta	Pouco Urgente			Elevação de cota de infraestrutura via aterro associado a muros de arrimo, caixões ou cortinas atirantadas. É uma medida de alta complexidade e que tem alto custo, o que exige que ela seja mais estudada para avaliar a viabilidade técnica e financeira. Em teoria pode garantir a regularidade das operações, que não seriam comprometidas por eventos climáticos adversos.
			Construção de sistemas de proteção costeira (diques e elevação da infraestrutura)	Estrutural	Alto	Alto	Longo	Alta	Pouco Urgente			Realizar obras de Engenharia Portuária de proteção, localizados no canal interno ou no canal externo, contendo quebra-mar, diques, comportas e sistemas de <i>polders</i>. É uma medida de alta complexidade e que tem alto custo, o que exige que ela seja mais estudada para avaliar a viabilidade técnica e financeira. Em teoria pode garantir a regularidade das operações, que não seriam comprometidas por eventos climáticos adversos. É preciso avaliar se essa medida poderia afetar situações de corrente.
			Construção e manutenção de áreas verdes e permeáveis	Estrutural	Baixo	Moderado	Curto	Baixa	Urgência média	SPA / Terminais portuários		Associar os dispositivos de controle de inundações de caráter pluvial e fluvial (piscinões, conjunto de bombas, aumento das dimensões das galerias, etc.) para atender os volumes e vazões oriundos do aumento do nível do mar. É uma medida que pode garantir a regularidade das operações, reduzindo-se o impacto de eventos climáticos adversos. Essa ação poderia garantir um maior escoamento superficial da água, reduzindo alagamentos e inundações.
Médio	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar	Equipamentos Içamento, Empilhadeira e Transportador Contínuo	Construção de sistemas de proteção costeira (diques e elevação da infraestrutura)	Estrutural	Alto	Alto	Longo	Alta	Pouco Urgente			Realizar obras de Engenharia Portuária de proteção, localizados no canal interno ou no canal externo, contendo quebra-mar, diques, comportas e sistemas de <i>polders</i>. É uma medida de alta complexidade e que tem alto custo, o que exige que ela seja mais bem estudada para avaliar a viabilidade técnica e financeira. Em teoria pode garantir a regularidade das operações, que não seriam comprometidas por eventos climáticos adversos. É preciso avaliar se essa medida poderia afetar situações de corrente.
			Construção e manutenção de áreas verdes e permeáveis	Estrutural	Baixo	Moderado	Curto	Baixa	Urgência média	SPA / Terminais portuários		Associar os dispositivos de controle de inundações de caráter pluvial e fluvial (piscinões, conjunto de bombas, aumento das dimensões das galerias, etc.) para atender os volumes e vazões oriundos do aumento do nível do mar. É uma medida que pode garantir a regularidade das operações, reduzindo-se o impacto de eventos climáticos adversos. Essa ação poderia garantir um maior escoamento superficial da água, reduzindo alagamentos e inundações.

1. Durante a oficina foi definido que custo Baixo é até R\$ 1 milhão, custo Moderado é entre R\$ 1 e R\$ 50 milhões e custo Alto está acima de R\$ 50 milhões.
2. Durante a oficina foi definido que benefício Alto é a solução total do impacto e sem externalidades, benefício Moderado é o controle parcial do impacto) e benefício Baixo é medidas paliativas.
3. Durante a oficina foi definido que prazo de execução Curto é de até 3 anos, Médio é entre 3 e 6 anos e Longo é acima de 6 anos.
4. Durante a oficina foi definido que complexidade Baixa é quando depende apenas de 1 ator), complexidade Média é quando depende de autorização/anuência e recursos locais e complexidade Alta é quando depende de órgãos e recursos externos)
5. Durante a oficina foi definido que ações pouco urgentes podem ser executadas no longo prazo, ações de urgência média devem ser executadas no médio prazo e ações urgentes devem ser executadas no curto prazo.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Levantamento do Histórico de Impactos associados ao Clima

As análises realizadas nesta etapa identificaram que os eventos climáticos extremos já vêm causando uma série de paralisações à operação do Porto de Santos. Verifica-se um aumento de paralisações por nebulosidade, ventos de maior intensidade e chuvas extremas.

Além da análise dos dados, considerando as trocas com os técnicos da Autoridade Portuária, foram identificadas ameaças climáticas prioritárias para o porto. Logo abaixo apresenta-se sua relação com o estudo ANTAQ (2021a):

- **Vendavais:** índice de risco alto para o período observado, variando entre alto e muito alto para os cenários RCP4.5 e RCP8.5 em 2030 e 2050;
- **Tempestades:** o índice de risco de tempestades para Santos é alto, tanto para o período observado quanto para os cenários RCP4.5 e RCP8.5 em 2030 e 2050;
- **Ressaca:** não foi avaliada no ranqueamento, mas atores-chave do porto identificaram como relevante;
- **Aumento do nível do mar:** índice de risco muito alto para o período observado e para os cenários RCP4.5 e RCP8.5 em 2030 e 2050;
- **Neblina:** não foi avaliada no ranqueamento, mas atores-chave do porto identificaram como relevante;

Como forma de sistematizar as informações do Produto, a Tabela 74 apresenta as respostas às perguntas que nortearam o documento, trazendo ainda a referência às páginas que trazem o respectivo detalhamento no documento.

Tabela 74: Respostas às perguntas norteadoras

Perguntas norteadoras	Resposta e referências no Levantamento do Histórico de impactos associados ao Clima
Quais são os impactos (danos e prejuízos) que cada porto tem sofrido devido aos eventos climáticos?	O Porto de Santos vem sofrendo uma série de paralisações devido a eventos climáticos conforme foi relatado por técnicos da autoridade portuária e de terminais durante visita técnica e reuniões online. Dentre os motivos das paralisações estão: · Interrupção da navegação no canal de acesso devido a condições extremas de vento; · carregamento de granéis sólidos interrompido por chuvas persistentes; · operação de containers paralisada em eventos de baixa visibilidade causada por neblinas; · redução do calado de navegação por assoreamento gerado por ressacas e chuvas torrenciais. Os danos operacionais por paralisações são apresentados por meio de análise de paralisações para um curto período de dados compreendido entre 2018, 2019 e 2020 - nos itens de Histórico de impactos associados ao clima (4.2.3) e Identificação da relação entre infraestruturas e ameaças climáticas (4.2.4). Apesar de relatos sobre danos, não foi possível compilar uma relação dos prejuízos, uma vez que o registro histórico não foi apresentado. Há indícios de dois eventos importantes: · Soltura de navio que colidiu com cais próximo à TERMAG; · Colapso de armazém devido a fortes ventos, conforme notícia encontrada no <i>Correio Braziliense</i> do dia 14/01/2009¹.

Quando ocorreram estes impactos?	O Porto de Santos não dispõe de série histórica de danos estruturais sistematizada e organizada, não havendo, portanto, registros de impactos às infraestruturas e superestruturas por causa climática. Por outro lado, o porto possui dados organizados de paralisações para o período de 2015 a 2020, possibilitando a análise dos impactos operacionais para o período disponibilizado. As datas das paralisações podem ser consultadas na <u>Seção 4.1.2 Histórico de impactos associados ao clima</u> .
Quais foram as variáveis hidrometeorológicas e/ou oceanográficas que causaram o impacto?	As variáveis que explicam as paralisações são nebulosidade (que pode ser correlacionada com eventos de neblina), velocidade do vento e precipitação. Outras ameaças identificadas como prioritárias para os estudos pelos técnicos da Autoridade Portuária foram tempestades, ressaca, aumento do nível do mar e enchentes.
Quais são as infraestruturas e superestruturas de interesse?	As principais infraestruturas ou superestruturas de interesse são o canal de acesso, a bacia de evolução, a acostagem, os equipamentos, os galpões de armazenamento e o sistema viário. Essas infraestruturas e superestruturas são apontadas nos -itens de Caracterização do porto (Seção 4.3.1) de Principais infraestruturas e superestruturas e no de Identificação da relação entre infraestruturas e ameaças climáticas (Seção 4.3.2).
Quais são as variáveis climáticas que afetam cada elemento da infraestrutura e da superestrutura?	Como o Porto de Santos não dispõe de dados que apontem a relação de causalidade entre ameaças climáticas e impactos às infraestruturas ou superestruturas, foi feita avaliação do potencial de paralisação e dano com base na expertise de especialistas e as informações foram validadas com atores do porto. O detalhamento desse ponto pode ser encontrado no Seção 4.3.2.
Qual é a relação de causa-efeito entre as ameaças climáticas e seus possíveis impactos?	As relações de causa-efeito podem ser visualizadas através das cadeias de impacto, na Seção 4.1.4.

Fonte: Elaboração própria.

Dentre as limitações do estudo, pode-se citar principalmente as limitações dos dados de danos/paralisações. Em geral, uma série histórica longa poderia dar suporte a análises mais robustas, como uma análise de sensibilidade dos dados, mas o Porto de Santos só possuía dados sistematizados a partir de meados de 2015. Os dados também indicavam paralisações por motivo de chuva apenas, mas durante a investigação, notou-se que uma série de paralisações possuíam o mesmo tempo. Por exemplo, muitos dados indicavam uma paralisação de 4 horas e 59 minutos, mas na verdade o registro se referia assim a qualquer valor de chuva abaixo de 5 horas. Isso fez com o que os dados tivessem de ser tratados, mas a incerteza sobre eles ainda é importante. Dessa forma, considerando a completude dos dados, apenas os anos de 2018, 2019 e 2020 puderam ser analisados, sendo escolhido o ano de 2020 para análises mais abrangentes. Ressalta-se que uma análise com uma base histórica maior poderia deixar claro se os eventos extremos vêm aumentando ou não nos últimos anos, ou seja, se o porto vem sendo mais afetado. Ademais, o porto não apresentou registro histórico de danos.

A principal recomendação para o Porto de Santos se relaciona com a sistematização de dados. Uma simples tabela no Excel, pode apoiar a organização de informações de paralisações e danos, registrando-se data, horário, motivo e efeito. Isso ajudaria o porto em estudos posteriores, que podem trazer mensagens importantes sobre os efeitos das mudanças climáticas. Recomenda-se ainda que essa sistematização seja centralizada na autoridade portuária, mas preenchida por todos os terminais.

Outra recomendação refere-se ao controle de dados hidrometeorológicos e/ou oceanográficos. Dependendo de dados de base pública pode criar uma série de problemas, como os percebidos no estudo, em que a série histórica apresentava muitos problemas de completude, tendo sido completados por dados de modelos climáticos, abordagem não recomendada, mas implantada

por falta de alternativa viável.

O próximo passo do estudo é o levantamento do nível de probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas para o clima atual e futuro. Nele serão respondidas as seguintes perguntas:

- Com base nos dados observacionais, a frequência das ameaças climáticas está aumentando/diminuindo?
- Com base nos modelos de clima e índices genéricos, a frequência das ameaças climáticas irá aumentar/diminuir no futuro?
- Qual é o nível de concordância (%) entre as projeções dos modelos de clima quanto ao sinal de mudança?
- Os cenários de mudança do clima futuro corroboram com a tendência observada no clima atual?

A partir do levantamento da probabilidade das ameaças climáticas será possível, portanto, conhecer os limiares das variáveis climáticas com potencial de causar impactos ao porto (por exemplo, a qual velocidade do vento há risco de queda de um guindaste), se as condições climáticas de temperatura, precipitação e velocidade do vento vem aumentando ou diminuindo ao longo dos anos e causando uma frequência maior de impacto e quais as perspectivas futuras para o Porto de Santos nos anos de 2040, 2070 e 2100, utilizando-se como baseline o período de 1995 – 2014 (considerando que a maior parte dos arrendamentos foram estabelecidos a partir de 1996).

5.2. Levantamento da Probabilidade das Ameaças Climáticas

As análises realizadas nesta etapa identificaram a classificação da probabilidade para diferentes indicadores de extremos climáticos, tanto para o clima passado, considerando a climatologia observada, quanto para o potencial clima futuro, a partir dos dados de projeções de mudança do clima.

Essa classificação só foi possível a partir desses dados e também da definição de uma escala de probabilidade, que levou em consideração elementos da literatura, das normas e legislações aplicáveis ao porto, além das informações do levantamento do histórico de impactos.

Esses resultados são de fundamental importância para a análise de risco, uma vez que combinados aos resultados de severidade, trarão o nível de risco para cada infraestrutura e para cada ameaça climática. Segundo ENGINEERS CANADA (2016), as pontuações de probabilidade climática combinadas às pontuações de severidade fornecem informações sobre o risco, apoiando assim na priorização de medidas de adaptação.

Diante das limitações verificadas, sugerem-se os seguintes aprimoramentos aos portos que futuramente desejarem desenvolver estudos com escopo similar ao do presente produto:

- Aprimorar o registro de impactos e causas para definir melhor os limiares das ameaças climáticas;
- Aprimorar o monitoramento de variáveis climáticas;
- Usar dados de estações meteorológicas locais e outros produtos de clima (p.ex., MSWEP2) para identificar de maneira mais acurada os limiares climáticos que

causam danos significativos;

- Incluir outras ameaças climáticas (p.ex., Neblina).

Ressaltamos ainda os seguintes ajustes que alternativamente podem ser feitos nos estudos futuros a fim de melhorar a visualização dos resultados em função do conjunto de dados disponíveis:

- Utilizar uma escala de probabilidade com um número maior de classes. Por conveniência e simetria com a escala de severidade, adotou-se 5 classes de probabilidade. No entanto, para aumentar a sensibilidade da escala e assim representar melhor as mudanças futuras mais sutis, recomenda-se aumentar o número de classes (p.ex., 7);
- Incluir projeções de modelos regionais de clima no desenvolvimento de cenários de mudança do clima. Embora o número de projeções regionais e variáveis (p.ex., vento) seja limitado em comparação com as projeções globais e a versão dos modelos forçantes seja mais antiga (CMIP5), a iniciativa CORDEX-South America3 disponibiliza um número razoável de projeções regionais de clima que podem contribuir para a construção de cenários de mudança do clima mais robustos.

Como forma de sistematizar as informações, a Tabela 75 apresenta as respostas às perguntas que nortearam o documento, trazendo ainda a referência às páginas que trazem o respectivo detalhamento no documento.

Tabela 75: Respostas às perguntas norteadoras

Perguntas norteadoras	Resposta e referências no Levantamento da probabilidade das Ameaças Climáticas -
Com base nos dados observacionais, a frequência das ameaças climáticas está aumentando/diminuindo?	Em geral, observa-se um aumento dos ventos muito fortes, ventos moderados e das chuvas fortes para a região do Porto de Santos. Para ventos fortes e dias com chuva, a tendência é de redução. Os detalhes da análise encontram-se na Seção 4.2.1.1.
Com base nos modelos de clima e indicadores genéricos, a frequência das ameaças climáticas irá aumentar/diminuir no futuro?	As ameaças apresentaram os seguintes comportamentos: Vento Fraco (3 m/s): Probabilidade de acontecer 'Frequentemente' dentro do período de linha de base. Essa ameaça não teve o nível de probabilidade modificado nos cenários do futuro. Vento Moderado (7 m/s): Probabilidade de acontecer 'Quase nunca' no período da linha de base. Essa ameaça, no entanto, apresenta um aumento de um nível probabilidade para o SSP2 e dois para o SSP5. Isso significa que a probabilidade de acontecer de ambos os cenários são, respectivamente, 'Raramente' e 'Ocasionalmente'. Vento Forte (10 m/s): A probabilidade dessa ameaça climática acontecer dentro do período da linha de base é 'Quase nunca'. Os padrões de probabilidade para os demais cenários futuros não se alteram com o passar do tempo. Chuva Persistente (1 mm): Probabilidade de acontecer 'Muito frequentemente' dentro do período de linha de base. Os padrões de probabilidade para os demais cenários futuros não se alteram com o passar do tempo. Chuva Forte (15 mm): A probabilidade de acontecer é 'Frequentemente' para o período da linha de base. Esse nível não se altera para os períodos e cenários futuros. Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar: A probabilidade de acontecer é de 'Quase nunca' para o indicador dentro dos anos da linha de base. Avaliando os cenários futuros, é possível dizer que a partir do período entre 2041 e 2060, a probabilidade de acontecer muda para 'Raramente'. Mais detalhes na Seção 4.2.2.1.

Qual é o nível de concordância (%) entre as projeções dos modelos de clima quanto ao sinal de mudança?	Os maiores valores de concordância foram identificados para as ameaças de Ventos Fracos, Chuvas Fortes e Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar. Mais detalhes na Seção 4.2.2.2.
Os cenários de mudança do clima futuro corroboram com a tendência observada no clima atual?	Em relação à variável de Inundações devido Aumento de 0,2 m do Nível do Mar, todas as tendências do clima atual corroboram com os cenários de mudança. Os cenários de mudança do clima futuro dos indicadores de Ventos fracos, Ventos moderados e Chuvas fortes também estão de acordo com a tendência observada. Mais detalhes na Seção 4.2.2.2.

Fonte: Elaboração própria.

5.3. Levantamento das Infraestruturas Portuárias e Severidade

As análises realizadas nessa etapa identificaram, em primeiro lugar, uma lista de infraestruturas e estruturas de interesse utilizando como base as informações do PDZ do Porto de Santos. Observa-se a existência de uma série de equipamentos que apresentam interação com eventos climáticos adversos, principalmente com ventos, como os Equipamentos de Içamento.

Esse fato não descarta que os terminais também não possam sofrer impactos em função de outros eventos climáticos. Por exemplo, há uma alta sensibilidade operacional quanto à possibilidade de ocorrência de chuva, principalmente para o embarque e desembarque de grânéis sólidos: fertilizantes, açúcar, soja, milho e farelos.

Em geral, pode-se concluir que as características construtivas e de operação das infraestruturas e equipamentos são dimensionados para suportar as cargas operacionais dentro de limites de condições climáticas adversas, além de condições de segurança estabelecida pelo projetista. Por exemplo, aplicando as informações contidas na NBR 9782 e no levantamento de probabilidades de ameaças climáticas quanto aos limites operacionais, verifica-se que a atual regra de impraticabilidade da barra quanto a condições de vento é fator positivo para a preservação da vida útil da infraestrutura portuária.

No entanto, como observado nos demais produtos, com a mudança climática, pode haver intensificação de eventos climáticos, com efeitos adversos importantes na operação e na infraestrutura, uma vez que alguns desses eventos podem ultrapassar a carga operacional na qual os equipamentos e infraestrutura foram dimensionados.

Como um todo, para todos os perfis de carga, as estruturas com maior valor de severidade são a Bacia de Evolução e os Canais Interno e Externo. As interações entre essas infraestruturas e a ameaça de Chuva Forte apresenta o nível de severidade Grave (Nível 3).

Quanto aos Contêineres, além da Chuva Forte, outra ameaça relevante é o Vento Forte, que pode afetar estruturalmente, em alguma medida, os Equipamentos de Içamento.

Em relação aos perfis de carga de Grânéis Líquidos e Produtos Gasosos, as severidades que alcançaram um nível de severidade Moderado ocorreram na interação entre Chuva Forte e Edificações e Acesso Viário (severidade estrutural) e Infraestruturas de Armazenamento e Equipamentos de Içamento (severidade operacional). Destaca-se ainda a interação de Vento

Forte com Berços com nível de severidade operacional Moderado.

Para Granéis Sólidos, as estruturas com severidade estrutural de nível Moderado são Edificações, os Equipamentos de Içamento, as Infraestruturas de Armazenamento associada à ameaça Chuva Forte. Já Infraestruturas de Armazenamento, Equipamentos de Içamento e Transportador Contínuo apresentam nível de severidade operacional Moderado associadas à ameaça Chuva Persistente.

Por fim, para o perfil de cargas de Celulose, as infraestruturas que possuem nível de severidade Moderado foram Edificações, Equipamentos de Içamento e Infraestruturas de Armazenamento, estando elas relacionadas às ameaças de Chuva Forte, Vento Forte e Chuva Persistente.

Como forma de sistematizar as informações, a Tabela 76 apresenta as respostas às perguntas que nortearam o documento, trazendo ainda a referência às páginas que trazem o respectivo detalhamento no documento.

Tabela 76: Respostas às perguntas norteadoras

Perguntas norteadoras	Resposta e referências no levantamento do histórico de impactos
Quais são os possíveis níveis de severidade (estrutural e operacional) que as infraestruturas podem sofrer?	Os níveis de severidade foram validados com o porto. Em geral, pode-se dizer que, em relação à severidade estrutural e operacional, as infraestruturas de maior preocupação são as Edificações, os Equipamentos de Içamento, as Infraestruturas de Armazenamento e o Transportador Contínuo. As principais ameaças climáticas associadas às interações de Nível 3 (Grave) à Chuva Forte. Mais detalhes na Seção 4.3.3.
Existe interação entre a infraestrutura X e a ameaça climática Y?	Considerando, por exemplo, a classificação de severidade estrutural e operacional para todos os perfis de carga, verifica-se que a bacia de evolução e o canal interno e externo possuem a maior interação com episódios de chuva forte. Entretanto, Vento Forte também pode paralisar as operações com navios, dada as restrições de segurança. Um elemento do lado “água” que não apresenta interação com as ameaças de chuva é a sinalização náutica. Além dela, as infraestruturas avaliadas no estudo não apresentam interações de severidade estrutural com Chuva Persistente. De modo geral, essas interações variam quando se avalia a severidade operacional e a severidade estrutural. Também variam em função da carga. Por exemplo, Graneis Sólidos apresentam um nível de severidade operacional Moderado com Chuva Persistente, enquanto Granéis Líquidos e Produtos Gasosos tendem a sofrer efeitos mais brandos. Mais detalhes na Seção 4.3.2.
Caso positivo, qual é o nível de severidade?	Dentro da análise dos aspectos operacionais e estruturais foi possível encontrar valores de severidade que variam de 1 (Leve) a 3 (Grave). Não existem interações de nível de severidade igual a 4 (Severo) e 5 (Catastrófico) no Porto de Santos. Um exemplo de nível de severidade estrutural Grave ocorre para a interação entre Canal Interno e Chuva Forte para Contêineres. Por outro lado, um exemplo de interação com nível de severidade estrutural Leve ocorre entre o Canal Externo e Vento Forte (10 m/s) para Granéis Líquidos. Mais detalhes na Seção 4.3.4.

Fonte: Elaboração própria.

5.4. Cálculo do Risco Climático

Conhecer os riscos climáticos é fundamental para a orientação de potenciais medidas de adaptação visando aumento da resiliência das infraestruturas e redução dos efeitos climáticos adversos sobre a operação. Embora as análises de risco possuam incertezas sobre a dimensão dos impactos, isso não deve impedir que o porto faça a gestão dos seus riscos relacionados a eventos climáticos futuros. Na realidade, os custos e riscos da inação ou ação atrasada serão certamente muito maiores. As informações coletadas são um primeiro passo em direção a uma gestão mais assertiva dos riscos climáticos, devendo-se considerar que a ISO 14.091 indica a necessidade de monitoramento e revisão dos riscos de forma contínua, mesmo daqueles que nesta avaliação são considerados “baixos” ou “médios”.

Ao longo da elaboração do levantamento da probabilidade das ameaças climáticas verificou-se que as ameaças de maior probabilidade de ocorrência no Porto de Santos eram Vento Fraco, Chuva Forte e Chuva Persistente. Já no levantamento das infraestruturas portuárias e severidade, observou-se relações de destaque para interações que envolviam as infraestruturas do Canal Interno, Externo, Bacia de Evolução e as ameaças de Chuva Forte.

Como resultado do produto da severidade e da probabilidade associada, o cálculo de risco climático foi capaz de revelar os riscos de maior destaque para o porto. Para compreensão dos riscos, o porto deve entender que os valores apresentados pelas interações das matrizes de riscos podem apresentar duas situações:

- Probabilidade muito baixa e severidade muito alta; ou
- Severidade muito baixa e probabilidade muito alta.

No primeiro caso, recomenda-se que o porto, ao saber que uma severidade é relevante e que o evento possível, mesmo que improvável, dê atenção especial à determinada interação. Ainda, é possível que o porto inclua tal interação no requerimento de análise adicional, para investigar melhor a potencialidade dos danos verificados por tais riscos.

No segundo caso, estas interações podem indicar uma situação na qual a infraestrutura poderia experimentar maior exposição às intempéries, resultando em altas demandas de manutenção, crescimento de custos e capacidade geral reduzida (ENGINEERS CANADA, 2016). Assim, recomenda-se que o porto atribua esses pontos na análise geral da matriz de risco também.

De forma geral, os riscos estruturais gerados pelas chuvas fortes afetam o porto e devem interferir nas infraestruturas de Canal Interno, Externo e Bacia de Evolução a partir da aceleração do processo de desconformação geométrica e aumento da sedimentação nesses espaços. Essas incidências podem levar a prejuízos financeiros relacionados a gastos de manutenção dessas estruturas e redução do volume de carga operado devido à redução da estiva.

Em termos operacionais, os principais impactos verificados no porto estão relacionados às paralisações por falta de segurança laboral gerado por ameaças de chuvas e atrasos na entrega de cargas devido ao fechamento da barra em condições climáticas adversas. As ameaças mais recorrentes na análise das matrizes de risco com fator de gravidade “médio” foram as chuvas fortes e Chuva Persistente que representam problemas a cargas sensíveis a umidade, como é

o caso da celulose e dos graneis sólidos.

A Tabela 77 a seguir visa responder as perguntas norteadoras dispostas nesse produto.

Tabela 77: Respostas às perguntas norteadoras

Perguntas norteadoras	Resposta e referências no cálculo do risco climático
Qual é o nível de risco climático de cada infraestrutura portuária?	Em geral, o risco de cada infraestrutura portuária varia conforme a ameaça climática ao qual está associado. Porém, em grande parte, riscos “médios” foram encontrados para a interação Chuva Forte e Canal Interno, Externo e a Bacia de Evolução. Berços, Edificações, Infraestruturas de Armazenamento e Acesso Viário também podem ser afetados. Chuva Persistente também apresenta risco “médio”, sobretudo na operação de equipamentos de transporte de graneis sólidos e celulose, como Equipamentos de Içamento e transportador contínuo. As demais infraestruturas apresentaram esse risco ao menos uma vez, com exceção da Sinalização Náutica. Mais detalhes na Seção 4.4.1.
A quantidade de infraestruturas sob risco alto irá aumentar ou diminuir no futuro?	Não existem infraestrutura sob risco alto para o Porto de Santos. As interações que apresentam risco “médio” também não alteram seu grau de risco conforme se avança no tempo, apesar do aumento da probabilidade de ocorrência de eventos climáticos. Mais detalhes na Seção 4.4.1.
Quais são as infraestruturas sob maior risco e por quê?	As infraestruturas de Canal Interno, Externo e a Bacia de Evolução estão sob o maior risco avaliado, que é “médio”. Em geral, está associada à ameaça de Chuva Forte. A gestão portuária relatou que esse nível de risco é maior pois, quando há Chuva Forte, há maior potencial de assoreamento ao canal. Há também um risco operacional “médio” para equipamentos de suporte à operação, sobretudo de graneis sólidos. Isso significa que um risco “médio” é verificado com Equipamentos de Içamento e Transportador Contínuo. Mais detalhes na Seção 4.4.1.

5.5 Identificação e Proposição de Medidas de Adaptação

A gestão de riscos e a adaptação a mudanças do clima são fundamentais para o planejamento de um futuro incerto, mas cujas previsões indicam aumento de intensidade e frequência de eventos extremos (IPCC, 2022). Os desafios são altos e as decisões, muitas vezes, urgentes, o que pode criar tensões entre diferentes visões de desenvolvimento. Os tomadores de decisão dos portos são, portanto, confrontados com escolhas difíceis, que se tornam cada vez mais necessárias para garantir eficiência e regularidade nas operações, além de condições de segurança.

A avaliação das escolhas entre diferentes opções depende de como o as partes interessadas percebem o risco. Neste sentido, a avaliação de risco e a eleição de potenciais medidas de adaptação, podem contribuir para a priorização das ações com base em aspectos técnicos, reduzindo-se o número de decisões que são informadas por processos políticos.

Para auxiliar a tomada de decisão sobre as medidas de adaptação que devem ser adotadas, recomenda-se a criação de um núcleo de trabalho vinculado à Autoridade Portuária, envolvendo Capitania dos Portos/Marinha do Brasil, Praticagem, Arrendatários, Operadores Portuários e a ANTAQ. Esse núcleo deve compartilhar dados e gerar um repositório de informações e dados de infraestrutura, operação e clima que possam ser utilizados para novos estudos, análises e projetos.

Recomenda-se que esse núcleo de trabalho tenha controle de ferramentas de software, har-

dwares, equipamentos de monitoramento climático, pluviométrico, fluviométrico, medidores de vazão, cunha salina, anemômetros, mensuradores de altura de ondas e demais sensores necessários para auxiliar na mensuração das características de hidráulica marinha e previsões climáticas.

Essas informações agrupadas em um único banco de dados poderão proporcionar uma visão mais ampla sobre os impactos e prejuízos relacionados a eventos climáticos, permitindo a definição de medidas de adaptação mais efetivas e adequadas às características dos diferentes perfis de carga movimentados.

Todas essas ações estariam em prol do apoio à tomada de decisão, que também devem levar em conta boas práticas aplicáveis às condições portuárias locais e aspectos das normas ISO 14.091 e das experiências com órgãos internacionais como a Association for Waterborne Transport Infrastructure (PIANC), associação internacional que fornece orientação e aconselhamento técnico para infraestruturas de transporte para portos.

Chama-se atenção para a potencial utilização de medidas de adaptação baseadas em ecossistemas (AbE), que utiliza a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos para reduzir impactos. Por exemplo, no Porto de Santos, poderia haver intervenções ambientais no canal como forma de amenizar problemas relacionados à sedimentação do canal. Dessa forma, poderiam ser utilizados programas ambientais de preservação de mata ciliar nos rios afluentes do estuário e ações de preservação dos mangues.

A definição das medidas de adaptação em um processo colaborativo, por meio de oficina com diferentes atores-chaves do complexo portuários, garante que as visões de desenvolvimento sejam confrontadas e discutidas de forma abrangente. Em alguma medida, essa discussão apoia também a definição de uma visão comum aplicada à gestão dos riscos nos portos, embora as ações possam ter características diferentes em função do tipo de produto operado, posição geográfica, aspectos técnicos dos equipamentos, ameaça avaliada, entre outros.

Percebeu-se, no entanto, uma evidente dificuldade dos atores do porto em caracterizar as ações sob o ponto de vista técnico e financeiro, o que dificulta estimar a sua viabilidade.

Em geral, os elementos descritos na etapa de identificação e proposição de medidas de adaptação representam um ponto de partida importante para maiores detalhamentos futuros, sobretudo para as medidas de “não arrependimento”, que, na prática, podem ser implementadas com rapidez e baixo custo, e gerar informações úteis para a definição de outras medidas de maior complexidade e custo. Recomenda-se, portanto, que as ações eleitas neste documento sejam rediscutidas e detalhadas através de outros processos participativos ou de estudos técnicos específicos.

A Tabela 78 a seguir visa responder as perguntas norteadora dispostas nesse produto.

Tabela 78: Respostas às perguntas norteadoras

Perguntas norteadoras	Resposta e referências para proposição de medidas de adaptação
Quais são as medidas de adaptação já adotadas e outras possíveis a serem implementadas?	Foram levantadas medidas operacionais e estruturais, mas o porto não indicou aquelas que já vêm sendo adotadas ou que estão planejadas. Mais detalhes na Seção 4.5.
Qual é a viabilidade técnica e financeira da implementação de cada uma das medidas de adaptação?	A maior parte do detalhamento das medidas de adaptação foi realizado de forma qualitativa pelos atores-chave do Porto de Santos e a equipe consultora realizou uma análise crítica dessas medidas com base nas perguntas norteadoras. No entanto, a análise crítica foi limitada pelo formato do detalhamento. Por exemplo, não foi possível identificar o custo real das medidas de adaptação, o que impediu a avaliação da viabilidade financeira das medidas. Mais detalhes na Seção 4.5.
Quais são as medidas de adaptação de garantem a eficiência e regularidade das operações, segurança, pontualidade e prestação do serviço adequado?	Dentre as medidas listadas, destaca-se principalmente a inclusão de um sistema gerencial de apoio à tomada de decisão, interligado entre os diferentes operadores da Margem Direita e da Margem Esquerda, a Autoridade Portuária, a Praticagem, a Capitania dos Portos, a ANTAQ e Analista de Risco Climático. Esse sistema deve conter: dados operacionais convencionais, dados meteorológicos e hidráulicos, registro sistemático de danos à infraestrutura, paralisações operacionais devido a eventos climáticos e modelagem preditiva de eventos climáticos adversos. O sistema garantiria que a gestão de risco climático fosse incorporada no processo de decisão de investimentos e proporcionaria a adoção de medidas de adaptação efetivas. Mais detalhes na Seção 4.5.
Quais são as medidas de não arrependimento?	· Acompanhamento meteorológico por meio de sensores e micromodelagem climática · Avaliação de pontos críticos · Estação meteorológica · Parcerias para ampliar o monitoramento meteorológico · Estudo de impacto da mudança do clima na Cadeia logística Mais detalhes na Seção 4.5.
Quais medidas podem ser implementadas para a infraestrutura X diante da ameaça climática Y?	Todas as medidas de adaptação levantadas pelo porto foram listadas na Seção 4.5.
Quais são as vantagens e desvantagens de cada medida?	A equipe consultora realizou uma análise crítica das medidas levantadas, indicando vantagens e desvantagens, além de pontos de atenção. Mais detalhes na Seção 4.5.
Qual é a tipologia de cada medida (gestão ou engenharia)?	Todas as medidas de adaptação levantadas pelo porto foram listadas na Seção 4.5 e foram divididas em medidas estruturais (ou de engenharia) e não estruturais (ou operacionais ou de gestão).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da metodologia PIEVC permitiu ao porto de Santos conhecer os riscos climáticos, o que se faz fundamental para elencar potenciais medidas de adaptação, visando o aumento da resiliência das infraestruturas e redução dos impactos climáticos adversos sobre a operação e infraestrutura do porto. Dentre as principais mensagens-chaves do estudo, estão:

- Uma série de paralisações da operação do porto de Santos já são observadas devido a eventos climáticos como chuvas, que interrompem o carregamento de Granéis Sólidos e rajadas de ventos extremos que causam interrupção da navegação no canal de acesso. Como a probabilidade dos eventos envolvendo chuva se mantém alta, é possível que essas paralizações sejam cada vez mais frequentes no futuro;
- As ameaças de maior probabilidade de ocorrência, tanto no período atual quanto no futuro, no Porto de Santos, são Chuva Persistente, Chuva Forte e Vento Forte;
- Em geral, pode-se dizer que, em relação à severidade estrutural e operacional, as interações de grande preocupação envolvem as infraestruturas Bacia de Evolução, Canal Interno e Canal Externo, que apresentaram nível de severidade 'grave'. Em todos eles, a severidade é alta em função do potencial fechamento do canal, impedindo entrada e saída de navios, gerando potenciais prejuízos financeiros;
- As ameaças climáticas que resultaram em risco 'médio' ao porto foram Chuva Persistente, Chuva Forte e Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar. Riscos dessa intensidade podem indicar uma situação na qual a infraestrutura poderia estar sujeita a maiores exposições às intempéries, resultando em altas demandas de manutenção, crescimento de custos e capacidade geral reduzida;
- Não existem infraestruturas sob risco estrutural ou operacional 'alto' no Porto de Santos. As interações que apresentam risco 'médio' também não alteram seu grau de risco conforme se avança no tempo, apesar do aumento da probabilidade de ocorrência de algumas ameaças. Entretanto, recomenda-se o monitoramento e revisão dos riscos de forma contínua, mesmo daqueles considerados 'baixos' ou 'médios', se fazem necessários;
- De modo geral, o risco estrutural é baixo para a maioria das interações entre as ameaças e estruturas portuárias. Esse resultado está relacionado às características construtivas e de operação das infraestruturas e equipamentos que já foram dimensionados para suportar as cargas operacionais dentro de limites de condições climáticas adversas, além de condições de segurança estabelecidas pelo projetista. No entanto, essa realidade pode estar mudando pouco a pouco, uma vez que eventos climáticos extremos podem ultrapassar a carga operacional na qual os equipamentos e infraestrutura foram dimensionados. A adaptação dos equipamentos, máquinas e infraestruturas que considerem tecnologias mais modernas e que resistam melhor às condições de umidade, poderá prevenir paralisações e prejuízos financeiros significativos ao porto;
- Quanto às medidas de adaptação, uma série de ações foram listadas a partir da perspectiva do porto e de seus arrendatários, com o intuito de reduzir os impactos da mudança do clima na operação e nas infraestruturas portuárias. A partir da identificação de medidas de adaptação, é possível gerir os riscos e priorizar ações

que podem ser incorporadas pela gestão, minimizando-se danos e prejuízos futuros ou aproveitando potenciais oportunidades, o que constitui um importante passo para aumento da resiliência climática.

O levantamento das informações necessárias para a condução das análises revelou que o Porto de Santos não dispõe de série histórica de danos estruturais sistematizada e organizada, não havendo, portanto, registros de impactos às infraestruturas e superestruturas. Os dados de paralisações da operação do porto também eram limitados, correspondendo a um curto período de tempo, o que representou uma grande limitação ao estudo. Assim sendo, para estudos futuros, recomenda-se:

- Incluir a causa (climática ou não-climática) no registro de paralizações e danos. Este registro irá aprimorar a identificação e determinação das ameaças climáticas. Recomenda-se ainda que a sistematização do registro seja centralizada na autoridade portuária, mas preenchido por todos os terminais;
- Aprimorar o monitoramento das variáveis meteorológicas e oceanográficas. Dados de estações meteorológicas locais e outras informações climáticas customizadas para a realidade do porto podem auxiliar na identificação, de maneira mais acurada, dos limiares climáticos que causam danos significativos. Este aprimoramento pode ser feito através de parcerias com centros de monitoramento meteorológico (p.ex., Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA) e universidades;
- A inclusão de outras ameaças climáticas para estudos futuros (p.ex., neblina);
- A criação de um Grupo de Trabalho para monitoramento dos riscos elencados e para planejamento da implementação das medidas. Essa medida é importante para que, uma vez conhecido os riscos e as medidas cabíveis, o porto seja capaz de agir nos próximos passos necessários.

Embora as análises de risco possuam incertezas sobre a dimensão dos impactos, isso não deve impedir que o porto faça a gestão dos seus riscos relacionados a eventos climáticos futuros. Importante ressaltar que as medidas elencadas não se esgotam nesse relatório. A equipe do Porto deve sempre avaliar novas ideias para minimizar os riscos apresentados e novos riscos que, porventura, possam surgir. Os custos e riscos da inação ou ação atrasada podem ser mais onerosos do que a adoção de medidas imediatas. Deve-se considerar a necessidade de monitoramento e revisão dos riscos de forma contínua, mesmo daqueles que nessa avaliação são considerados 'baixos' ou 'médios'.

Os riscos levantados auxiliaram no entendimento dos potenciais impactos e consequências decorrentes dos eventos climáticos, permitindo ao Porto de Santos aumentar sua resiliência. A avaliação de risco e a eleição de potenciais medidas de adaptação podem contribuir para a priorização das ações com base em aspectos técnicos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A TRIBUNA. Tecon recebe três novos portêineres. Instituto de Engenharia, 2019. Disponível em: <<https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2009/10/13/tecon-recebe-tres-novos-porteineres/>>. Acesso em: 10.abr.2023.

ANANDHI, A., FREI, A., PIERSON, D. C., SCHNEIDERMAN, E. M., ZION, M. S., LOUNSBURY, D., & MATONSE, A. H. Examination of change factor methodologies for climate change impact assessment. *Water Resources Research*, v.47, nº 3, 2011.

ANTAQ. Impactos e Riscos da Variabilidade Climática no Setor Portuário - Entregável P8 – Consolidação dos relatórios da análise de risco do setor portuário costeiro brasileiro às ameaças climáticas, 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/antag/pt-br/central-de-conteudos/estudos-e-pesquisas-da-antag-1/Antag_relatoriofinal04.04.22compactado.pdf>. Acesso em: 10.abr.2023.

ANTAQ. Estatístico Aquaviário - Desempenho Portuário 2021. 2021b. Disponível em: <<https://web3.antag.gov.br/ea/sense/index.html#pt>>. Acesso em: 10.mar.2022.

AUTORIDADE PORTUÁRIA DE ITAJAÍ. Levantamento de risco climático para o porto de Itajaí/SC. Sumário Executivo. MMA, INPE e GIZ, 2020.

BECKER, A.; AKY, N.G.; MCEVOY, D.; MULLETT, J. Implications of climate change for shipping: Ports and supply chains. *WIREs Clim Change*. Vol. 9(2), 2010.

BERZIN, Gilberto; FIGUEIREDO, Leopoldo; MOURÃO, Rafael Douglas Ribeiro; SANTOS, Thiago. O Porto de Santos e o aumento do nível do mar: um desafio a ser enfrentado. *Leopoldianum*, vol. 42, nº 116-8, p.177-201, 2016.

CALLAWAY, J.; HELLMUTH, E.M. Assessing the incremental benefits and costs of coping with development pressure and climate change: A South African case study. Submissions from admitted non-governmental organizations on socioeconomic information under the Nairobi work programme. Geneva, Suíça, United Nations, 2007.

CAMPOS, R. M.; HARARI, J.; CAMARGO, R. (2010). Caracterização de eventos extremos do nível do mar em Santos e sua correspondência com as reanálises do modelo do NCEP no sudoeste do Atlântico Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 25, n. 2, p. 175-184. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v25n2/a03v25n2.pdf>>. Acesso em: 10.abr.2023.

CARVALHAL, Carlos. Temporal destrói posto da guarda portuária no Porto de Santos. *Segurança Portuária em Foco*, 2021. Disponível em: <http://www.segurancaportuariaemfoco.com.br/2021/02/temporal-destroi-posto-da-guarda.html>>. Acesso em: 12.abr.2023

CBCL (2020). Belladune Port Authority Climate Change Risk Assessment Belladune, NB. New Brunswick: CBCL, 2020. Report nº 1. Disponível em: <<https://pievc.ca/wp-content/uploads/2020/04/CBCL-Belledune-Port-Authority-April-2020.pdf>>. Acesso em: <19 jul. 2022>.

CHARRON, I. A Guidebook on Climate Scenarios: Using Climate Information to Guide Adaptation Research and Decisions. Edition Ouranos, 2016. 94p.

CLIMATE CENTRAL. (2022). Coastal Risk Screening Tool. Disponível em: <<https://coastal.climatecentral.org/>>. Acesso em: 5 abr. 2022.

ENGINEERS CANADA. PIEVC Engineering Protocol for Infrastructure Vulnerability Assessment and Adaptation to a Changing Climate. PRINCIPLES and GUIDELINES, 2016.

FUNK, Chris; PETERSON, Pete; LANDSFELD, Martin; PEDREROS, Diego; VERDIN, James; SHUKLA, Shraddhanand; HUSAK, Gregory et al. The climate hazards infrared precipitation with stations— a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*, vol. 2, nº 1, p. 1-21, 2015.

GIZ, EURAC & UNU-EHS. Climate Risk Assessment for Ecosystem-based Adaptation – A guidebook for planners and practitioners. Bonn: GIZ, 2018. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/326478580>>. Acesso em: 11.abr.2023.

GRANGER, C. W. J. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, p. 424-438, 1969.

HELTBERG, R.; SIEGEL, P.B; JORGENSEN, S.L, Addressing human vulnerability to climate change: Toward a “no-regrets” approach. *Global Environmental Change*, 19(1), 2009. 89-99.

HERSBACH, Hans; BELL, Bill; BERRISFORD, Paul; HIRAHARA, Shoji; HORÁNYI, András, MUÑOZ-SABATER, Joaquín; NICOLAS, Julien; PEUBEY, C.; RADU, R.; SCHEPERS, D.; SIMMONS, A. The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal Royal of the Meteorological Society*, v. 146, nº 730, p.1999–2049, 2020.

INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION. Climate Risk Case Study | Ports | Colombia: Terminal Marítimo Muelles el Bosque (MEB), in Cartagena, Colombia. [S. l.: s. n.], 2011. Disponível em: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/climate+business/resources/climate+risk+case+study+-+ports+-+colombia>. Acesso em: 11 mar. 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press, 2022. Disponível em: <https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S. CONNORS, L.; PEAN, C.; BERGER, S.; CAUD, N.; CHEN, Y.; GOLDFARB, L.; GOMIS, M. I. ; HUANG, M.; LEITZELL, K.; LONNOY, E.; MATTHEWS, J.B.R.; MAYCOCK, T. K., T.; WATERFIELD, YELEKÇI, O.; YU, R.; ZHOU, B.. (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. Dis-

ponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Adaptation to climate change — Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment, 14091:2021. Geneva: International Organization for Standardization, 2021. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14091:ed-1:v1:en>>. Acesso em: 10.abr.2023.

KARIM, Mohammed Fazlul; MIMURA, Nobuo. Impacts of climate change and sea-level rise on cyclonic storm surge floods in Bangladesh. *Global Environmental Change*, vol. 18, n° 3, p. 490-500, 2008.

KENDALL, M.; GIBBONS, J.D. Rank Correlation Methods. 5th Edition. London: Edward Arnold, 1990.

KLEMM, Otto; LIN, Neng-Huei. What Causes Observed Fog Trends: Air Quality or Climate Change? *Aerosol and Air Quality Research*, vol. 16, p. 1131-1142, 2016. Disponível em: <<https://aaqr.org/articles/aaqr-15-05-oa-0353.pdf>>. Acesso em: 10.abr.2023.

KIRTMAN, B., S.B. POWER, J.A. ADEDOYIN, G.J. BOER, R. BOJARIU, I. CAMILLONI, F.J. DOBLAS-REYES, A.M. FIORE, M. KIMOTO, G.A. MEEHL, M. PRATHER, A. SARR, C. SCHÄR, R. SUTTON, G.J. VAN OLDENBORGH, G. VECCHI AND H.J. WANG: Near-term Climate Change: Projections and Predictability. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.

KOTTEK, Markus; GRIESER, Jürgen; BECK, Christoph; RUDOLF, Bruno; RUBEL, Franz. World Map of the Koppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol Zeitschrift*, vol. 15, n°3, p. 259-260, 2006.

MAGALHÃES, Petrônio Sá Benevides. Transporte Marítimo: Cargas, Navios, Portos e Terminais. São Paulo: Aduaneiras, 2011.

MAGINI, Christiano; HARARI, Joseph; ABESSA, Denis M. S. Circulação recente de sedimentos costeiros nas praias de Santos durante eventos de tempestades: Dados para a gestão de impactos físicos costeiros. *Geociências*, vol. 26, n° 4, p. 349-355, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/70118>>.

MAGRI, D. Em novo dia de caos climático, São Paulo e Rio contabilizam 26 mortos e milhares de desabrigados. *El País*, São Paulo, 3 mar.2020. Disponível em: <<https://brasil.elpais.com/brasil/2020-03-03/em-novo-dia-de-caos-climatico-sao-paulo-e-rio-contabilizam-21-mortos-e-milhares-de-desabrigados-pela-chuva>>. Acesso em: 15.mar.2022

MAIDMENT, David R. GIS and hydrologic modeling. In: GOODCHILD, M. F.; PARKS, B. O.; STEYAERT, L. T. *Environment modeling with GIS*. New York: Oxford University Press, 1993. p.

147-167.

MANN, Henry B. Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the econometric society*, vol. 13, nº3 p. 245-259, jul. 1945.

MARENGO, Jose A.; CAMARINHA, Pedro I.; ALVES, Lincoln M.; DINIZ, Fabio; BETTS, Richard A. Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0°C Global Warming Scenarios: An Analysis for Brazil. *Frontiers in Climate*, nº 3, 2021. Doi 10.3389/fclim.2021.610433

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. Plano Mestre: Complexo Portuário de Santos. Sumário Executivo. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/ssz-sumexec-p-simples-270219-pdf>>. Acesso em: 5.nov.2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: volume 1: estratégia geral: Portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016 / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2016. 2 v. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/arquivos-biomas/plano-nacional-de-adaptacao-a-mudanca-do-clima-pna-vol-i.pdf>>. Acesso em: 10.abr.2023.

MOSER, H.; HAWKES, P.; ARNTSEN, Ø.; GAUFRES, P.; MAI, S.; WHITE, K.; BLACKWELL, S.; CORBETT, J.J.; SCHEPPER, K.; DUMON, G.; GREYLING, L.M.; KÖTHE, H.; SOTILLO, M.G.; SUZUKI, T. Waterborne Transport, Ports and Waterways: A Review of Climate Change. 2008.

NASA. (2022a). Nasa Sea Level Portal: Data Analysis Tool 2.0. Disponível em: <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool?lat=-24&lon=-45>. Acesso em: 5 abr. 2022.

NASA. (2022b). Sea Level Projection Tool. Disponível em: <<https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool?lat=-24&lon=-45>>. Acesso em: 5 abr. 2022.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. Defining Storm Surge, Storm Tide, and Inundation. Disponível em: <https://ocean.weather.gov/defining_storm_surge.pdf>. Acesso em: 10.abr.2023.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. What is storm surge? Disponível em: <<https://oceanservice.noaa.gov/facts/stormsurge-stormtide.html>>. Acesso em: 10.abr.2023.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. Severe Weather 101: Thunderstorm Basics. Estados Unidos, 2022. Disponível em: <<https://www.nssl.noaa.gov/education/svrwx101/thunderstorms/>>. Acesso em: 11.mar.2022.

O'NEILL, Brian C.; KRIEGLER, E.; RIAHI, K.; EBI, K.L.; HALLEGATTE, S.; CARTER, T.R.; MATHUR, R.; VAN VUUREN, Detlef P. A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic Change*. v. 122, p.387-400. 2014. doi:10.1007/s10584-013-0905-2.

OPPENHEIMER, M., B.C.; GLAVOVIC, J.; HINKEL, R.; VAN DE WAL, A.K.; MAGNAN, A.; ABD-EL-

GAWAD, R. CAI, M. CIFUENTES-JARA, R.M. DECONTO, T. GHOSH, J. HAY, F. ISLA, B. MARZEION, B. MEYSSIGNAC, AND Z. SEBESVARI (2019). Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

PES, Marcelo P.; PEREIRA, Enio B. ; MARENGO, José A.; MARTINS, Fernando; HEINEMANN, Detlev; SCHIMIDT, Michael. Climate trends on the extreme winds in Brazil. *Renewable Energy*, vol. 109, p.110–120. Aug, 2017. doi:10.1016/j.renene.2016.12.101.

PILKEY, O.H.; NEAL, W.J.; BUSH, D.M. Coastal Erosion. In: Isla, F.I. & Iribarne, O. (Eds), *Coastal Zone and Estuaries*. p. 32-42. Oxford: EOLSS-UNESCO, 2009.

PORTO DE SANTOS. Sumário Executivo do Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Santos. Portos de Santos. Santos. 2020. Disponível em: <<https://www.portodesantos.com.br/wp-content/uploads/PDZ.pdf>>.

RANASINGHE, R., A. C. RUANE, R. VAUTARD, N. ARNELL, E. COPPOLA, F. A. CRUZ, S. DESSAI, A. S. ISLAM, M. RAHIMI, D. RUIZ CARRASCAL, J. SILLMANN, M. B. SYLLA, C. TEBALDI, W. WANG, R. ZAABOUL. (2021). Climate Change Information for Regional Impact and for Risk Assessment. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. no prelo.

SANTOS PORT AUTHORITY (2020). Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Santos: Autoridade Portuária de Santos. 233 págs. Santos, SP.

SANTOS PORT AUTHORITY (2021). Complexo portuário de Santos. [S. l.]. Disponível em: <http://www.portodesantos.com.br/conheca-o-porto/o-porto-de-santos/>. Acesso em: 20 out. 2021.

SCHWALM, C.; GLENDON, S.; DUFFY, P.B. Reply to Hausfather and Peters: RCP8.5 is neither problematic nor misleading. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v.117, n. 45, p.27793-27794, nov.2020.

SENEVIRATNE, S. I., X. ZHANG, M. ADNAN, W. BADI, C. DEREZYNSKI, A. DI LUCA, S. GHOSH, I. ISKANDAR, J. KOSSIN, S. LEWIS, F. OTTO, I. PINTO, M. SATOH, S. M. VICENTE-SERRANO, M. WEHNER, B. ZHOU, 2021, Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O.Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. No prelo.

SIEGEL, Sidney. Estatística Não-Paramétrica: Para as Ciências do Comportamento. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

SP no Ar. Ventos fortes afetam operações no Porto de Santos. RecordTV, 2019. Disponível em: <<https://recordtv.r7.com/sp-no-ar/videos/ventos-fortes-afetam-operacoes-no-porto-de-santos-23052022>>. Acesso em: 10.abr.2023.

STEIL, Juliana. Ventos fortes podem ter causado acidente de navio em travessia de balsas no litoral de SP, dizem especialistas. G1 Santos e região, 2021. Disponível em: < <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/porto-mar/noticia/2021/06/22/ventos-fortes-podem-ter-causado-acidente-de-navio-em-travessia-de-balsas-no-litoral-de-sp-dizem-especialistas.ghtml> >. Acesso em: 12.abr. 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. The Adaptation Gap Report 2018. Nairobi, Kenya : UNEP, 2018. Disponível em: <<https://unepdtu.org/wp-content/uploads/2019/04/agr-final-version-2018.pdf>>.

VAN RIJN, L.C. Coastal Erosion and control. Ocean & Coastal Management, v. 54, nº 12, p. 867-887, 2011.

VOUSDOUKAS, Michalis I.; MENTASCHI, Lorenzo; VOUKOUVALAS, Evangelos; VERLAAN, Martin; JEVREJEVA, Svetlana ; JACKSON, Luke P.; FEYEN, Luc. Global probabilistic projections of extreme sea levels show intensification of coastal flood hazard. Nature communications 9, nº 1, p. 2360. Jun. 2018.

VOUSDOUKAS, Michalis I., RANASINGHE, Roshanka ; MENTASCHI, Lorenzo ; PLOMARITIS, Theocharis A.; ATHANASIOU, Panagiotis; LUIJENDIJK, Arjen; FEYEN, Luc. Sandy coastlines under threat of erosion. Nature climate change 10, nº 3, p. 260-263, 2020.

WILKS, D. S. Statistical methods in the atmospheric sciences. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2011.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Guide to Climatological Practices, WMO, nº 100, 3rd Edition. Geneva: World Meteorological Organization, 2011.

YOUNG, Ian R.; BABANIN, Alexander V.; ZIEGER, Stefan. Global trends in wind speed and wave height. Science : New York, N.Y., nº 332 (6028), p. 451-455, 2011.

ZHANG, Wei; YAN, Yixin; ZHENG, Jinhai; LI, Ling; DONG, Xue; CAI, Huijuian. Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, China. Global and Planetary Change, nº 69, p. 35-47, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Potenciais impactos climáticos nos terminais

Abaixo é apresentado um detalhamento das tabelas encontradas na Seção “4.1.5 Identificação da relação entre infraestruturas e ameaças climáticas”.

Margem Esquerda – Conceiçãozinha

- SSZ 08 - Granéis Sólidos - TEG Terminal Exportador do Guarujá
- SSZ 10 - Granéis Sólidos - TEAG Terminal Exportador de Açúcar do Guarujá
- SSZ 12 - Granéis Sólidos - Terminal Marítimo do Guarujá S/A – TERMAG
- SSZ 14 - Granéis sólidos - Terminal de Granéis do Guarujá S/A – TGG

A seguir são apresentados nas Tabelas A1 à A4 os impactos identificados sobre a acostagem, equipamentos, armazenamento e sistema viário, respectivamente, na margem esquerda - Conceiçãozinha.

Tabela A1: Potenciais impactos climáticos na margem esquerda – Conceiçãozinha – Acostagem (Fonte: I Care, 2021)

		Acostagem						
		Dano Operacional		Dano Infraestrutura				
		Interrupção Operacional de Estaiamento e Soltura de Cabos (chegada ou partida)	Demanda de cabos de maior resistência	Colapso do píeres e estruturas de proteção ao solapamento de margem	Perda funcional (sem colapso das estruturas) com a incapacidade operacional	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional	Danificação e perda funcional de dolphins, cabeços e defensas	Incompatibilização geométrica na interface terminal-embarcação
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade	X	X					
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X	X	X	X	X
	Ressaca	X	X	X	X	X	X	X
	Inundação Pluvial			X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial			X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar			X	X	X	X	X
	Neblina							
	Altas Temperaturas							

Tabela A2: Potenciais impactos climáticos na margem esquerda – Conceiçãozinha – Equipamentos (Fonte: I Care, 2021)

		Equipamentos					
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura				
		Interrupção do Embarque/Desembarque	Colapso dos equipamentos esteira Transportadora, Shiploader e Grabs	Perda funcional (sem colapso) sem operação	Redução da vida útil dos equipamentos	Manutenção excessiva e Quebras Constantes	Colisão das embarcações com equipamento
Evento Climático Crítico	Chuva	X				X	
	Chuva Torrencial	X					
	Tempestade	X	X	X			
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X	X	X	X
	Ressaca	X			X		X
	Inundação Pluvial						
	Inundação Fluvial						
	Aumento do Nível do Mar						
	Neblina	X					
	Altas Temperaturas	X				X	

Tabela A3: Potenciais impactos climáticos na margem esquerda – Conceiçãozinha – Armazenamento (Fonte: I Care, 2021)

		Armazenamento						
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura					
		Interrupção da Movimentação de Carga (recebimento e expedição)	Colapso estrutural do Concreto Armado ou Metálico dos Armazéns e Silos	Colapso geotécnico de pátios e armazéns	Inundação de pátios, e armazéns	Destelha-mento e quebra de coberturas	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva	X		X				
	Chuva Torrencial	X		X				
	Tempestade	X	X				X	X
	Ventos Críticos (rajadas)		X			X	X	X
	Ressaca							
	Inundação Pluvial	X	X	X	X		X	X
	Inundação Fluvial				X		X	X
	Aumento do Nível do Mar		X	X	X		X	X
	Neblina	X						
	Altas Temperaturas	X						

Tabela A4: Potenciais impactos climáticos na margem esquerda – Conceiçãozinha – Sistema Viário (Fonte: I Care, 2021)

		Sistema Viário				
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura			
		Interrupção da Tráfego Terrestre (Poligonal Portuária)	Colapso estrutural e/ou geotécnico da superestrutura e/ou pavimento	Inundação de pátios ou docas de recepção / expedição	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva				X	X
	Chuva Torrencial	X	X	X	X	X
	Tempestade	X	X	X	X	X
	Ventos Críticos (rajadas)					
	Ressaca					
	Inundação Pluvial	X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar	X	X	X	X	X
	Neblina					
	Altas Temperaturas					

Margem Esquerda – Guarujá

- SSZ 16 - Contêineres - Santos Brasil
- SSZ 16E - Contêineres Frigoríficos - Localfrio S/A
- SSZ 18 - Automóveis - Terminal de Veículos de Santos S/A

A seguir são apresentados na Tabela A5, A6, A7 e A8 os impactos identificados sobre a acostagem, equipamentos, armazenamento e sistema viário, respectivamente, na margem esquerda - Guarujá.

Tabela A5: Potenciais impactos climáticos na margem esquerda – Guarujá – Acostagem (Fonte: I Care, 2021)

		Acostagem						
		Dano Operacional		Dano Infraestrutura				
		Interrupção Operação de Estaiamento e Soltura de Cabos (chegada ou partida)	Demanda de cabos de maior resistência	Colapso do cais corrido	Perda funcional (sem colapso das estruturas) com a incapacidade operacional	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional	Danificação e perda funcional de dolphins, cabeços e defensas	Incompatibilização geométrica na interface terminal-embarcação
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade							
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X					
	Ressaca	X	X					
	Inundação Pluvial			X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial			X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar			X	X	X	X	X
	Neblina	X						
	Altas Temperaturas							

Tabela A6: Potenciais impactos climáticos na margem esquerda – Guarujá – Equipamentos (Fonte: I Care, 2021)

		Equipamentos					
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura				
		Interrupção do Embarque Desembarque	Colapso dos Portânières e Guindastes	Perda funcional (sem colapso) sem operação	Redução da vida útil dos equipamentos	Manutenção excessiva e Quebras Constantes	Colisão das embarcações com equipamento
Evento Climático Crítico	Chuva						
	Chuva Torrencial						
	Tempestade						
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X	X	X	X
	Ressaca						
	Inundação Pluvial	X				X	
	Inundação Fluvial	X				X	
	Aumento do Nível do Mar	X				X	
	Neblina	X					
	Altas Temperaturas						

Tabela A7: Potenciais impactos climáticos na margem esquerda – Guarujá – Armazenamento (Fonte: I Care, 2021)

		Armazenamento						
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura					
		Interrupção da Movimentação de Carga (recebimento e expedição)	Colapso estrutural dos pátios	Colapso geotécnico de pátios e armazéns	Inundação de pátios	Destelhamento e quebra de coberturas de edificações operacionais e administrativas	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade					X		
	Ventos Críticos (rajadas)	X				X		
	Ressaca							
	Inundação Pluvial		X	X	X		X	X
	Inundação Fluvial		X	X	X		X	X
	Aumento do Nível do Mar		X	X	X		X	X
	Neblina							
	Altas Temperaturas							

Tabela A8: Potenciais impactos climáticos na margem esquerda – Guarujá – Sistema Viário (Fonte: I Care, 2021)

		Sistema Viário				
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura			
		Interrupção da Tráfego Terrestre (Poligonal Portuária)	Colapso estrutural e/ou geotécnico da superestrutura e/ou pavimento	Inundação de pátios ou docas de recepção / expedição	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva					
	Chuva Torrencial					
	Tempestade			X	X	X
	Ventos Críticos (rajadas)					
	Ressaca					
	Inundação Pluvial	X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar	X	X	X	X	X
	Neblina					
	Altas Temperaturas					

Margem Esquerda – Ilha Barnabé

- SSZ 24 - Granéis Líquidos Combustíveis / Químicos - Adonai East Terminal de Líquido
- SSZ 26 - Granéis Líquidos Combustíveis / Químicos - Ageo Leste Terminais e Armazéns Gerais
- SSZ 28 - Granéis Líquidos Combustíveis / Químicos - Adonai Química
- SSZ 30 - Granéis Líquidos Combustíveis / Químicos - Ageo Terminais e Armazéns Gerais
- SSZ 32 - Granéis Líquidos Combustíveis / Químicos - Ageo Norte Terminais e Armazéns Gerais

A seguir são apresentados na Tabela A9, A10, A11 e A12 os impactos identificados sobre a acostagem, equipamentos, armazenamento e sistema viário, respectivamente, na margem esquerda – Ilha Barnabé.

Tabela A9: Potenciais impactos climáticos na Ilha Barnabé – Acostagem (Fonte: I Care, 2021)

		Acostagem						
		Dano Operacional		Dano Infraestrutura				
		Inter- rupção Operação de Estaia- men-to e Soltura de Cabos (chegada ou parti- da)	Demanda de cabos de maior resistên- cia	Colapso do píeres e es- truturas de proteção ao solapa- men-to de margem	Perda fun- cional (sem colapso das estruturas) com a in- capacidade operacional	Redução da vida útil das estru- turas sem perda fun- cional	Danificação e perda funcional de dolphins, cabeços e defensas	Incompa- ti-bilização geométrica na interfa- ce termi- nal-embar- ca-ção
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Tor- rencial							
	Tempes- tade							
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X					
	Ressaca							
	Inundação Pluvial			X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial			X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar			X	X	X	X	X
	Neblina							
	Altas Tem- peraturas							

Tabela A10: Potenciais impactos climáticos na Ilha Barnabé – Equipamentos (Fonte: I Care, 2021)

		Equipamentos					
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura				
		Interrupção do Embarque/Desembarque	Colapso dos equipamentos dos sistemas dutoviários e mangotes	Perda funcional (sem colapso) sem operação	Redução da vida útil dos equipamentos	Manutenção excessiva e Quebras Constantes	Colisão das embarcações com pórtico ou treliças de suporte de tubulações
Evento Climático Crítico	Chuva						
	Chuva Torrencial						
	Tempestade	X	X	X		X	
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X		X	X
	Ressaca						
	Inundação Pluvial	X				X	
	Inundação Fluvial	X				X	
	Aumento do Nível do Mar	X					
	Neblina						
	Altas Temperaturas	X	X				

Tabela A11: Potenciais impactos climáticos na Ilha Barnabé – Armazenamento (Fonte: I Care, 2021)

		Armazenamento						
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura					
		Interrupção da Movimentação de Carga (recebimento e expedição)	Colapso estrutural do Concreto Armado ou Metálico de tanques, silos e esferas	Colapso geotécnico dos tanques, silos e esferas	Inundação das áreas com tanques, silos e esferas	Destelha-mento e quebra de coberturas	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade	X						
	Ventos Críticos (rajadas)	X				X		
	Ressaca							
	Inundação Pluvial		X	X	X		X	X
	Inundação Fluvial		X	X	X		X	X
	Aumento do Nível do Mar							
	Neblina							
	Altas Temperaturas	X						X

Tabela A12: Potenciais impactos climáticos na Ilha Barnabé – Sistema Viário (Fonte: I Care, 2021)

		Sistema Viário				
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura			
		Interrupção da Tráfego Terrestre (Poligonal Portuária)	Colapso estrutural e/ou geotécnico da superestrutura e/ou pavimento	Inundação de pátios ou docas de receboção / expedição	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva					
	Chuva Torrencial				X	X
	Tempestade					
	Ventos Críticos (rajadas)	X				
	Ressaca					
	Inundação Pluvial	X	X	X	X	X
	Inundação Fluviál	X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar					
	Neblina					
	Altas Temperaturas					

Margem Direita – Ponta da Praia

- SSZ 01 - Granéis sólidos - ADM do Brasil
- SSZ 03 - Granéis sólidos - Terminal Exportador de Santos - TES
- SSZ 05 - Granéis sólidos - Terminal XXXIX de Santos

A seguir são apresentados na Tabela A13, A14, A15 e A16 os impactos identificados sobre a acostagem, equipamentos, armazenamento e sistema viário, respectivamente, na margem direita – Ponta da Praia.

Tabela A13: Potenciais impactos climáticos na margem direita – Ponta da Praia – Acostagem (Fonte: I Care, 2021)

		Acostagem						
		Dano Operacional		Dano Infraestrutura				
		Interrupção Operação de Estaíamento e Soltura de Cabos (chegada ou partida)	Demanda de cabos de maior resistência	Colapso do píeres e estruturas de proteção ao solapamento de margem	Perda funcional (sem colapso das estruturas) com a incapacidade operacional	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional	Danificação e perda funcional de dolphins, cabeços e defensas	Incompatibilização geométrica na interface terminal-embarcação
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade							
	Ventos Críticos	X	X					
	Ressaca	X	X	X	X	X	X	X
	Inundação Pluvial			X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial			X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar			X	X	X	X	X
	Neblina	X						
	Altas Temperaturas							

Tabela A14: Potenciais impactos climáticos na margem direita – Ponta da Praia – Equipamentos (Fonte: I Care, 2021)

		Equipamentos					
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura				
		Interrupção do Embarque Desembarque	Colapso dos equipamentos esteira Transportadora, Shiploader e Grabs	Perda funcional (sem colapso) sem operação	Redução da vida útil dos equipamentos	Manutenção excessiva e Quebras Constantes	Colisão das embarcações com equipamento
Evento Climático Crítico	Chuva	X					
	Chuva Torrencial	X					
	Tempestade	X				X	
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X	X	X	X
	Ressaca						
	Inundação Pluvial						
	Inundação Fluvial						
	Aumento do Nível do Mar						
	Neblina	X					
	Altas Temperaturas						

Tabela A15: Potenciais impactos climáticos na margem direita – Ponta da Praia – Armazenamento (Fonte: I Care, 2021)

		Armazenamento						
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura					
		Interrupção da Movimentação de Carga (recebimento e expedição)	Colapso estrutural do Concreto Armado ou Metálico dos Armazéns e Silos	Colapso geotécnico de pátios e armazéns	Inundação de pátios, e armazéns	Destelha-mento e quebra de coberturas	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade							
	Ventos Críticos (rajadas)		X			X		
	Ressaca							
	Inundação Pluvial	X	X	X	X		X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X		X	X
	Aumento do Nível do Mar	X	X	X	X		X	X
	Neblina							
	Altas Temperaturas							

Tabela A16: Potenciais impactos climáticos na margem direita – Ponta da Praia – Sistema Viário (Fonte: I Care, 2021)

		Sistema Viário				
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura			
		Interrupção da Tráfego Terrestre (Poligonal Portuária)	Colapso estrutural e/ou geotécnico da superestrutura e/ou pavimento	Inundação de pátios ou docas de recepção / expedição	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva					
	Chuva Torrencial		X	X	X	X
	Tempestade		X	X	X	X
	Ventos Críticos (rajadas)					
	Ressaca					
	Inundação Pluvial	X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar	X	X	X	X	X
	Neblina					
	Altas Temperaturas					

Margem Direita – Macuco

- SSZ 11 - Celulose - Fibria Terminal de Celulose de Santos SPE (Suzano)
- SSZ 13-15 - Sucos Cítricos (Arm. 30) e Celulose (Arm. 31) - NST Terminais e Logística
- SSZ 17 - Granéis Líquidos/Sucos Cítricos - Citrosuco Serviços Portuários

A seguir são apresentados na Tabela A17, A18, A19 e A20 os impactos identificados sobre a acostagem, equipamentos, armazenamento e sistema viário, respectivamente, na margem direita – Macuco.

Tabela A17: Potenciais impactos climáticos no Macuco – Acostagem (Fonte: I Care, 2021)

		Acostagem						
		Dano Operacional		Dano Infraestrutura				
		Interrupção Operacional de Estaiamento e Soltura de Cabos (chegada ou partida)	Demanda de cabos de maior resistência	Colapso do cais corrido	Perda funcional (sem colapso das estruturas) com a incapacidade operacional	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional	Danificação e perda funcional de dolphins, cabeços e defensas	Incompatibilização geométrica na interface terminal-embarcação
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade							
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X					
	Ressaca							
	Inundação Pluvial			X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial			X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar			X	X	X	X	X
	Neblina							
	Altas Temperaturas							

Tabela A18: Potenciais impactos climáticos no Macuco – Equipamentos (Fonte: I Care, 2021)

		Equipamentos					
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura				
		Interrupção do Embarque/Desembarque	Colapso dos Guindastes e dutovias pneumáticas	Perda funcional (sem colapso) sem operação	Redução da vida útil dos equipamentos	Manutenção excessiva e Quebras Constantes	Colisão das embarcações com equipamento
Evento Climático Crítico	Chuva	X					
	Chuva Torrencial	X					
	Tempestade	X				X	
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X	X	X	X
	Ressaca						
	Inundação Pluvial						
	Inundação Fluvial						
	Aumento do Nível do Mar						
	Neblina						
	Altas Temperaturas	X		X	X	X	

Tabela A19: Potenciais impactos climáticos no Macuco – Armazenamento (Fonte: I Care, 2021)

		Armazenamento						
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura					
		Interrupção da Movimentação de Carga (recebimento e expedição)	Colapso estrutural do Concreto Armado ou Metálico dos Armazéns e Tanques	Colapso geotécnico armazéns e tanques	Inundação de pátios, e armazéns	Destelha-mento e quebra de coberturas	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade							
	Ventos Críticos (rajadas)		X			X		
	Ressaca							
	Inundação Pluvial	X	X	X	X		X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X		X	X
	Aumento do Nível do Mar	X	X	X	X		X	X
	Neblina							
	Altas Temperaturas							

Tabela A20: Potenciais impactos climáticos no Macuco – Sistema Viário (Fonte: I Care, 2021)

		Sistema Viário				
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura			
		Interrupção da Tráfego Terrestre (Poligonal Portuária)	Colapso estrutural e/ou geotécnico da superestrutura e/ou pavimento	Inundação de pátios ou docas de recepção / expedição	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva					
	Chuva Torrencial					
	Tempestade					
	Ventos Críticos (rajadas)					
	Ressaca					
	Inundação Pluvial	X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar	X	X	X	X	X
	Neblina					
	Altas Temperaturas					

Margem Direita – Outerinhos

- SSZ 21 - Granéis sólidos - T-Grão Cargo Terminal de Granéis
- SSZ 23 - Concais
- SSZ 25I - Carga geral/Contêineres - Deicmar Armazenagem e Distribuição
- SSZ 25 - Granéis sólidos - Hidrovias do Brasil - Administração Portuária Santos
- SSZ 25E - Carga geral/Contêineres - Marimex Despachos, Transportes e Serviços
- SSZ 27 - Granéis sólidos - Companhia Auxiliar de Armazéns Gerais - Teaçu 3
- SSZ 29 - Granéis sólidos - Elevações Portuárias

A seguir são apresentados na Tabela A21, A22, A23 e A24 os impactos identificados sobre a acostagem, equipamentos, armazenamento e sistema viário, respectivamente, na margem direita – Outerinhos.

Tabela A21: Potenciais impactos climáticos em Outerinhos – Acostagem (Fonte: I Care, 2021)

		Acostagem						
		Dano Operacional		Dano Infraestrutura				
		Interrupção Operacional de Estaiamento e Soltura de Cabos (chegada ou partida)	Demanda de cabos de maior resistência	Colapso do cais corrido	Perda funcional (sem colapso das estruturas) com a incapacidade operacional	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional	Danificação e perda funcional de cabeços e defensas	Incompatibilização geométrica na interface terminal-embarcação
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade	X						
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X					
	Ressaca							
	Inundação Pluvial			X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial			X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar			X	X	X	X	X
	Neblina							
	Altas Temperaturas							

Tabela A22: Potenciais impactos climáticos em Outerinhos – Equipamentos (Fonte: I Care, 2021)

		Equipamentos					
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura				
		Interrupção do Embarque Desembarque	Colapso dos Guindastes e Grabs	Perda funcional (sem colapso) sem operação	Redução da vida útil dos equipamentos	Manutenção excessiva e Quebras Constantes	Colisão das embarcações com equipamento
Evento Climático Crítico	Chuva	X					
	Chuva Torrencial	X					
	Tempestade	X				X	
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X	X	X	X
	Ressaca						
	Inundação Pluvial						
	Inundação Fluvial						
	Aumento do Nível do Mar						
	Neblina						
	Altas Temperaturas	X					

Tabela A23: Potenciais impactos climáticos em Outerinhos – Armazenamento (Fonte: I Care, 2021)

		Armazenamento						
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura					
		Interrupção da Movimentação de Carga (recebimento e expedição)	Colapso estrutural do Concreto Armado ou Metálico dos Armazéns e Pátios	Colapso geotécnico armazéns e pátios	Inundação de pátios, e armazéns	Destelha-mento e quebra de coberturas	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade							
	Ventos Críticos (rajadas)		X			X		
	Ressaca							
	Inundação Pluvial	X	X	X	X		X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X		X	X
	Aumento do Nível do Mar	X	X	X	X		X	X
	Neblina							
	Altas Temperaturas							

Tabela A24: Potenciais impactos climáticos em Outerinhos – Sistema Viário (Fonte: I Care, 2021)

		Sistema Viário				
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura			
		Interrupção da Tráfego Terrestre (Poligonal Portuária)	Colapso estrutural e/ou geotécnico da superestrutura e/ou pavimento	Inundação de pátios ou docas de recepção / expedição	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva					
	Chuva Torrencial					
	Tempestade					
	Ventos Críticos (rajadas)					
	Ressaca					
	Inundação Pluvial	X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar	X	X	X	X	X
	Neblina					
	Altas Temperaturas					

Margem Direita – Paquetá

- SSZ 31I - Celulose - Suzano
- SSZ 31 - Granéis sólidos - Rodrimar - Terminais Portuários e Armazéns Gerais

- SSZ 31E - Celulose - Rishis Empreendimentos e Participações
- SSZ 33 - Granéis Sólidos - Terminal 12A
- SSZ 33 - Granéis sólidos - Cereal Sul Terminal Marítimo

A seguir são apresentados na Tabela A25, A26, A27 e A28 os impactos identificados sobre a acostagem, equipamentos, armazenamento e sistema viário, respectivamente, na margem direita – Paquetá.

Tabela A25: Potenciais impactos climáticos em Paquetá – Acostagem (Fonte: I Care, 2021)

		Acostagem						
		Dano Operacional		Dano Infraestrutura				
		Interrupção Operação de Estaiamento e Soltura de Cabos (chegada ou partida)	Demanda de cabos de maior resistência	Colapso do cais corrido	Perda funcional (sem colapso das estruturas) com a incapacidade operacional	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional	Danificação e perda funcional de cabeços e defensas	Incompatibilização geométrica na interface terminal-embarcação
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade	X						
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X					
	Ressaca							
	Inundação Pluvial			X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial			X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar			X	X	X	X	X
	Neblina							
	Altas Temperaturas							

Tabela A26: Potenciais impactos climáticos em Paquetá – Equipamentos (Fonte: I Care, 2021)

		Equipamentos					
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura				
		Interrupção do Embarque Desembarque	Colapso dos Guindastes, Grabs e Shiploaders	Perda funcional (sem colapso) sem operação	Redução da vida útil dos equipamentos	Manutenção excessiva e Quebras Constantes	Colisão das embarcações com equipamento
Evento Climático Crítico	Chuva	X					
	Chuva Torrencial	X					
	Tempestade	X				X	
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X	X	X	X
	Ressaca						
	Inundação Pluvial						
	Inundação Fluvial						
	Aumento do Nível do Mar						
	Neblina						
	Altas Temperaturas	X					

Tabela A27: Potenciais impactos climáticos em Paquetá – Armazenamento (Fonte: I Care, 2021)

		Armazenamento						
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura					
		Interrupção da Movimentação de Carga (recebimento e expedição)	Colapso estrutural do Concreto Armado ou Metálico dos Armazéns e Silos	Colapso geotécnico armazéns e silos	Inundação de pátios, e armazéns	Destelha-mento e quebra de coberturas	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade							
	Ventos Críticos (rajadas)					X		
	Ressaca							
	Inundação Pluvial	X	X	X	X		X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X		X	X
	Aumento do Nível do Mar	X	X	X	X		X	X
	Neblina							
	Altas Temperaturas							

Tabela A28: Potenciais impactos climáticos em Paquetá – Sistema Viário (Fonte: I Care, 2021)

		Sistema Viário				
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura			
		Interrupção da Tráfego Terrestre (Poligonal Portuária)	Colapso estrutural e/ou geotécnico da superestrutura e/ou pavimento	Inundação de pátios ou docas de recepção / expedição	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva					
	Chuva Torrencial					
	Tempestade					
	Ventos Críticos (rajadas)					
	Ressaca					
	Inundação Pluvial	X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar	X	X	X	X	X
	Neblina					
	Altas Temperaturas					

Margem Direita – Saboó-Valongo

- SSZ 35 - Contêineres - Ecoporto Santos

A seguir são apresentados na Tabela A29, A30, A31 e A32 os impactos identificados sobre a acostagem, equipamentos, armazenamento e sistema viário, respectivamente, na margem direita – Saboó-Valongo.

Tabela A29: Potenciais impactos climáticos em Saboó-Valongo – Acostagem (Fonte: I Care, 2021)

		Acostagem						
		Dano Operacional		Dano Infraestrutura				
		Interrupção Operação de Estaio-mento e Soltura de Cabos (chegada ou partida)	Demanda de cabos de maior resistência	Colapso do cais corrido	Perda funcional (sem colapso das estruturas) com a incapacidade operacional	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional	Danificação e perda funcional de cabeços e defensas	Incompatibilização geométrica na interface terminal-embarcação
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade							
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X					
	Ressaca							
	Inundação Pluvial			X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial			X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar			X	X	X	X	X
	Neblina							
	Altas Temperaturas							

Tabela A30: Potenciais impactos climáticos em Saboó-Valongo – Equipamentos (Fonte: I Care, 2021)

		Equipamentos					
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura				
		Interrupção do Embarque Desembarque	Colapso dos Contêineres e Guindastes	Perda funcional (sem colapso) sem operação	Redução da vida útil dos equipamentos	Manutenção excessiva e Quebras Constantes	Colisão das embarcações com equipamento
Evento Climático Crítico	Chuva						
	Chuva Torrencial						
	Tempestade						
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X	X	X	X
	Ressaca						
	Inundação Pluvial	X				X	
	Inundação Fluvial	X				X	
	Aumento do Nível do Mar	X				X	
	Neblina						
	Altas Temperaturas						

Tabela A31: Potenciais impactos climáticos em Sabão-Valongo – Armazenamento (Fonte: I Care, 2021)

		Armazenamento						
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura					
		Interrupção da Movimentação de Carga (recebimento e expedição)	Colapso estrutural do Concreto Armado ou Metálico dos Armazéns e Silos	Colapso estrutural dos pátios	Inundação de pátios	Destelhamento e quebra de coberturas de edificações operacionais e administrativos	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade					X		
	Ventos Críticos (rajadas)	X				X		
	Ressaca							
	Inundação Pluvial		X	X	X		X	X
	Inundação Fluvial		X	X	X		X	X
	Aumento do Nível do Mar		X	X	X		X	X
	Neblina							
	Altas Temperaturas							

Tabela A32: Potenciais impactos climáticos em Sabão-Valongo – Sistema Viário (Fonte: I Care, 2021)

		Sistema Viário				
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura			
		Interrupção da Tráfego Terrestre (Poligonal Portuária)	Colapso estrutural e/ou geotécnico da superestrutura e/ou pavimento	Inundação de pátios ou docas de recepção / expedição	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva					
	Chuva Torrencial					
	Tempestade			X	X	X
	Ventos Críticos (rajadas)					
	Ressaca					
	Inundação Pluvial	X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar	X	X	X	X	X
	Neblina					
	Altas Temperaturas					

Margem Direita – Saboó

- SSZ 35.1 - Carga geral/Granéis Sólidos - Set Port Logistics
- SSZ 35.2 - Carga Geral - Santos Brasil Participações
- SSZ 35.3 - Carga geral - Brasil Terminal Portuário
- SSZ 37 - Termares - Terminais Marítimos Especializados
- SSZ 39 - Carga geral - Deicmar Armazenagem e Distribuição

A seguir são apresentados na Tabela A33, A34, A35 e A36 os impactos identificados sobre a acostagem, equipamentos, armazenamento e sistema viário, respectivamente, na margem direita – Saboó.

Tabela A33: Potenciais impactos climáticos em Saboó – Acostagem (Fonte: I Care, 2021)

		Acostagem						
		Dano Operacional		Dano Infraestrutura				
		Interrupção Operacional de Estaiamento e Soltura de Cabos (chegada ou partida)	Demanda de cabos de maior resistência	Colapso do cais corrido	Perda funcional (sem colapso das estruturas) com a incapacidade operacional	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional	Danificação e perda funcional de cabeços e defensas	Incompatibilização geométrica na interface terminal-embarcação
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade							
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X					
	Ressaca							
	Inundação Pluvial			X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial			X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar			X	X	X	X	X
	Neblina							
	Altas Temperaturas							

Tabela A34: Potenciais impactos climáticos em Saboó – Equipamentos (Fonte: I Care, 2021)

		Equipamentos					
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura				
		Interrupção do Embarque/Desembarque	Colapso dos Guindastes	Perda funcional (sem colapso) sem operação	Redução da vida útil dos equipamentos	Manutenção excessiva e Quebras Constantes	Colisão das embarcações com equipamento
Evento Climático Crítico	Chuva						
	Chuva Torrencial	X					
	Tempestade	X	X	X	X	X	
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X	X	X	X
	Ressaca						
	Inundação Pluvial	X				X	
	Inundação Fluvial	X				X	
	Aumento do Nível do Mar	X					
	Neblina						
	Altas Temperaturas						

Tabela A35: Potenciais impactos climáticos em Saboó – Armazenamento (Fonte: I Care, 2021)

		Armazenamento						
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura					
		Interrupção da Movimentação de Carga (recebimento e expedição)	Colapso estrutural do Concreto Armado ou Metálico dos Armazéns e Silos	Colapso geotécnico dos silos	Inundação dos pátios	Destelhamento e quebra de coberturas de edificações operacionais e administrativas	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade							
	Ventos Críticos (rajadas)				X			
	Ressaca							
	Inundação Pluvial	X	X	X		X	X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X		X	X	X
	Aumento do Nível do Mar							
	Neblina							
	Altas Temperaturas							

Tabela A36: Potenciais impactos climáticos em Saboó – Sistema Viário (Fonte: I Care, 2021)

		Sistema Viário				
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura			
		Interrupção da Tráfego Terrestre (Poligonal Portuária)	Colapso estrutural e/ou geotécnico da superestrutura e/ou pavimento	Inundação de pátios ou docas de recepção / expedição	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva					
	Chuva Torrencial				X	X
	Tempestade					
	Ventos Críticos (rajadas)	X				
	Ressaca					
	Inundação Pluvial	X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar					
	Neblina					
	Altas Temperaturas					

Margem Direita – Alemoa

- SSZ 41 - Contêineres - Brasil Terminal Portuário
- SSZ 47-49 - Granéis Líquidos Combustíveis / Químicos - Petrobrás Transporte – Transpetro

A seguir são apresentados na Tabela A37, A38, A39 e A40 os impactos identificados sobre a acostagem, equipamentos, armazenamento e sistema viário, respectivamente, na margem direita – Alemoa.

Tabela A37: Potenciais impactos climáticos em Alemoa – Acostagem (Fonte: I Care, 2021)

		Acostagem						
		Dano Operacional		Dano Infraestrutura				
		Inter- rupção Operação de Estaia- men-to e Soltura de Cabos (chegada ou parti- da)	Deman- da de cabos de maior resistên- cia	Colapso do cais corrido, piéres e estrutu- ras de proteção ao so- lapa-men- to de margem	Perda fun- cional (sem colapso das estruturas) com a in- capacidade operacional	Redução da vida útil das estrutu- ras sem perda funcional	Danifi- cação e perda fun- cional de cabeços e defensas	Incompa- ti-bilização geométrica na interfa- ce termi- nal-embar- ca-ção
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torren- cial							
	Tempestade							
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X					
	Ressaca							
	Inundação Pluvial			X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial			X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar			X	X	X	X	X
	Neblina							
	Altas Tempera- turas							

Tabela A38: Potenciais impactos climáticos em Alemoa – Equipamentos (Fonte: I Care, 2021)

		Equipamentos					
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura				
		Interrupção do Embarque/Desembarque	Colapso dos Portânières, equipamentos dos sistemas dutoviários e mangotes	Perda funcional (sem colapso) sem operação	Redução da vida útil dos equipamentos	Manutenção excessiva e Quebras Constantes	Colisão das embarcações com equipamento, pórticos ou treliças de suporte de tubulações
Evento Climático Crítico	Chuva						
	Chuva Torrencial						
	Tempestade	X	X	X		X	
	Ventos Críticos (rajadas)	X	X	X		X	X
	Ressaca						
	Inundação Pluvial	X				X	
	Inundação Fluvial	X				X	
	Aumento do Nível do Mar	X					
	Neblina						
	Altas Temperaturas	X	X				

Tabela A39: Potenciais impactos climáticos em Alemoa – Armazenamento (Fonte: I Care, 2021)

		Armazenamento						
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura					
			Interrupção da Movimentação de Carga (recebimento e expedição)	Colapso estrutural dos pátios, Concreto Armado ou Metálico de tanques, silos e esferas	Colapso geotécnico dos pátios, tanques, silos e esferas	Inundação de pátios, tanques, silos e esferas	Destelhamento e quebra de coberturas de edificações operacionais e administrativos	Perda funcional (sem colapso das estruturas)
Evento Climático Crítico	Chuva							
	Chuva Torrencial							
	Tempestade	X						
	Ventos Críticos (rajadas)	X				X		
	Ressaca							
	Inundação Pluvial		X	X	X		X	X
	Inundação Fluvial		X	X	X		X	X
	Aumento do Nível do Mar							
	Neblina							
	Altas Temperaturas	X						X

Tabela A40: Potenciais impactos climáticos em Alemoa – Sistema Viário (Fonte: I Care, 2021)

		Sistema Viário				
		Dano Operacional	Dano Infraestrutura			
		Interrupção da Tráfego Terrestre (Poligonal Portuária)	Colapso estrutural e/ou geotécnico da superestrutura e/ou pavimento	Inundação de pátios ou docas de recepção / expedição	Perda funcional (sem colapso das estruturas)	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
Evento Climático Crítico	Chuva					
	Chuva Torrencial				X	X
	Tempestade					
	Ventos Críticos (rajadas)	X				
	Ressaca					
	Inundação Pluvial	X	X	X	X	X
	Inundação Fluvial	X	X	X	X	X
	Aumento do Nível do Mar					
	Neblina					
	Altas Temperaturas					

APÊNDICE B – Relação causal entre paralisações e limiares climáticos

Na maioria dos casos, uma correlação forte entre duas variáveis não implica que há uma relação de causa-efeito entre elas. Por exemplo, se existe uma correlação positiva e forte entre X e Y, isso não permite concluir que, ao X aumentar, então Y também crescerá. Por isso, aplica-se aqui o teste de causalidade de Granger, que verifica se uma série temporal climática (X) ajuda a prever a série de paralisações (Y). Esse teste visa superar as limitações do uso de simples correlações entre variáveis usadas no levantamento do histórico de impactos associados ao clima. Além disso, pretende confirmar a causalidade do clima com as paralisações abaixo e acima dos limiares apontados anteriormente. O alfa (α) para o teste de causalidade de Granger é definido em 0,95 ($P > 0.05$), com lag, tempo que uma variável afeta a outra, igual a 1, ou seja, considera que uma variável afetará a outra no presente.

Esta análise foi feita baseada na hipótese de que, havendo causalidade entre o clima e as paralisações, os valores que estiverem acima dos limites estabelecidos possuem possibilidade de ocorrência de paralisações, independente da duração desta.

Analisando as Tabelas B1 e B2, pode-se dizer que o Porto de Santos apresenta efeitos de causalidade quando o limiar de velocidade do vento é maior que 3 m/s e/ou o limiar de precipitação acumulada é maior que 15 mm. Portanto, pode-se dizer que valores que excedam os limites de 3 m/s para vento e 15 mm para chuva irão causar paralisações no Porto de Santos.

Tabela B1: Relação de causalidade pelo método de Granger no Porto de Santos para $VV < 3$ m/s e/ou $R < 15$ mm (Fonte: Elaboração Própria)

Velocidade do vento < 3 m/s; Precipitação acumulada < 15 mm			
Hipótese Nula	F-Statistic	Probabilidade	Interpretação
<i>R Does not Granger cause P</i>	4.4568	0.01253	Sem relação causal
<i>VV Does not Granger cause P</i>	4.8676	0.02998	Sem relação causal

R – Precipitação; VV – Velocidade do Vento; P – Paralisações

Tabela B2: Relação de causalidade pelo método de Granger no Porto de Santos para $VV > 3$ m/s e/ou $R > 15$ mm (Fonte: Elaboração Própria)

Velocidade do vento > 3 m/s; Precipitação acumulada > 15 mm			
Hipótese Nula	F-Statistic	Probabilidade	Interpretação
<i>R Does not Granger cause P</i>	2.5288	0.2097	Relação de causalidade
<i>VV Does not Granger cause P</i>	1.6659	0.2697	Relação de causalidade

R – Precipitação; VV – Velocidade do Vento; P – Paralisações

APÊNDICE C – Análise de Normas e Legislações Pertinentes

As análises de normas e legislações pertinentes aos portos servem para ajudar a identificar os limiares climáticos que servirão para a análise de probabilidade das ameaças climáticas. As normas e legislações foram utilizadas uma vez que o porto não dispunha de dados relacionados aos danos à infraestrutura. A utilização dessas normas foi confirmada pelo Porto em workshop realizado no dia 18 de novembro de 2021.

Para averiguar possíveis ameaças climáticas e valores limiares associados que geraram impactos ao complexo portuário de Santos, a equipe da I Care realizou um levantamento de documentos relativos às normas internas do porto que dispusessem de dados limitantes para navegação interna e suas estruturas. As normas são disponibilizadas através do site da Autoridade Portuária de Santos e os documentos utilizados nessa parte da análise foram os seguintes:

- **NORMA DA AUTORIDADE PORTUÁRIA (NAP)**

As normas da Autoridade Portuária de Santos foram consultadas, a investigar possíveis parâmetros limitadores referentes a condições climatológicas, limnológicas e oceanográficas.

NORMA DA AUTORIDADE PORTUÁRIA - NAP.SUPOP.OPR.005, de 29 de outubro de 2021. Normas para execução dos serviços de amarração, desamarração e puxada de navios, desamarração e puxada de navios nos berços públicos São Paulo e Bocaina, localizados na Ilha Barnabé, bem como as normas administrativas e operacionais aplicáveis;

NORMA DA AUTORIDADE PORTUÁRIA (NAP) - NAP.SUPOP.OPR.004, de 30 de setembro de 2021. Normas para atracação de navios no Porto de Santos;

NORMA DA AUTORIDADE PORTUÁRIA (NAP) - NAP.SUPOP.OPR.003, de 30 de setembro de 2021. Normas para a execução dos serviços de amarração, desamarração e puxada de navios nos berços públicos do Porto Organizado de Santos quando de uso preferencial, bem como as normas administrativas e operacionais aplicáveis.

NAP.SUMAS.OPR.004.2021, de 30 de setembro de 2021. Normas para os serviços de abastecimento de óleos combustíveis e lubrificantes para embarcações, nas áreas do Porto Organizado de Santos

NORMAS E PROCEDIMENTOS DA CAPITANIA DOS PORTOS DE SÃO PAULO – NPCP MARINHA DO BRASIL – 2016

Na Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos da São Paulo (NPCP-SP), estabelecida pela Portaria Nº 20/CPSP, de 15 de fevereiro de 2016, pela Marinha do Brasil – Capitania dos Portos da São Paulo são considerados aspectos quanto a tráfego, fundeio e manobra de embarcações, conforme calado, comprimento total (LOA), condições de correntes de marés (enchimento e

vazante) e intensidade de ventos para os portos da Jurisdição da Capitania, onde encontra-se incluído o complexo do Porto de Santos.

As informações referentes aos danos operacionais do Porto Organizado de Santos estão associadas à impraticabilidade das operações e levam em consideração o conceito estabelecido pelo documento de “NORMAS E PROCEDIMENTOS DA CAPITANIA DOS PORTOS DE SÃO PAULO – MARINHA DO BRASIL – 2016”.

A norma classifica a impraticabilidade da barra em duas condições:

Total: apresentando condições desfavoráveis a realização de quaisquer fainas de praticagem, nos canais de acesso, bacias de evolução e fundeadouros;

Parcial: quando condições desfavoráveis meteorológicas ou técnicas-materiais das embarcações e/ou infraestrutura portuária aconselham restrições em um determinado local, ou determinado tipo de navio/manobra ou calado limitante.

A impraticabilidade operacional do porto afeta as operações das embarcações que tem como objetivo dar prosseguimento ao transporte de suas cargas para seus respectivos destinos finais. Esta acontece quando determinados parâmetros ambientais têm seus limiares superados ou quando o prático, no decorrer das manobras, ao constatar qualquer fato ou ocorrência que implique em risco à segurança do tráfego aquaviário, à salvaguarda da vida humana ou à preservação do meio ambiente, entra em contato, diretamente ou por meio da Estação de Praticagem, com a Capitania dos Portos/Delegacia, a fim de prestar as informações pertinentes que subsidiarão a CPSP/DelSSebastião a declarar a impraticabilidade da barra (NPCP, 2016).

No que tange os danos e limiares associados às estruturas e superestruturas, têm-se que, ao investigar as normas internas da Autoridade, visando obter informações de limitadores a infraestrutura de acostagem e amarração, foi observado que nada consta na base normativa disponível no site da Autoridade Portuária.

Outras normas também foram levadas em consideração ao se definir os limiares críticos nesta etapa do estudo, dentro das quais se destacam as Normas da Autoridade Marítima – NORMAM, as Normas Regulamentadoras – NR e as Normas Brasileiras – NBR, cada qual com sua especificidade e objetivo. A seguir, constam as principais informações a respeito das normas apontadas.

NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA – NORMAM – DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS

A Marinha do Brasil detém um conjunto de normas de processos que organizam atividades marítimas, costeiras, lacustres e de navegação do interior. Essas normas abrangem desde a homologação de materiais (para embarcações e equipamentos), construção e manutenção de infraestrutura costeira, operação de embarcações, serviços de Praticagem, mão de obra de aquaviários, salvaguarda e competência de polícia quanto à fiscalização, segurança e investigação de acidentes náuticos⁴.

Para compreensão complementar dos fatores climáticos limitantes foram consultadas algumas das normas para verificação da existência de parâmetros. A primeira norma consultada foi a NORMAN 12/DPC5 que aborda os serviços de Praticagem nos portos de jurisdição brasileira, sendo compreendidos os seguintes itens:

- a) A norma indica a Declaração de Impraticabilidade de uma Zona Portuária com a responsabilidade de realização pela Capitania dos Portos, tendo o caráter total e imparcial⁶. Essa característica, por exemplo, é observada nas Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos de São Paulo, onde constam os parâmetros de visibilidade, altura de ondas e correntes que declara a impraticabilidade da barra do porto de Santos.
- b) A norma descreve as definições e responsabilidades do porto, declarando os fatores relacionados ao meio ambiente que afetam o controle dos navios sendo: (a) ventos; (b) correntes; (c) ondas; (d) estabilidade de governo com os efeitos do meio ambiente (ex. cunha salina); (e) Interação do navio com águas rasas, bancos, canais estreitos e outros navios⁷.
- c) Contudo, a norma indica que os parâmetros de intensidade e magnitude dos fatores ambientais, relacionados ao porte das embarcações e as características intrínsecas a cada terminal portuário estão contidos nas Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos, para cada porto⁸.

A NORMAN 8/DPC9, referente ao tráfego e permanência de embarcações em águas brasileiras, indica a responsabilidade da tripulação das embarcações quanto à necessidade do conhecimento das características e limites meteorológicos da costa e das áreas portuárias brasileiras e quanto a swell, força do vento e corrente. A mesma norma também indica que o comando das embarcações, sendo nacionais ou estrangeiras, devem obedecer às orientações da Capitania dos Portos e à praticagem, quando no processo de acostagem, conforme descrito na NORMAN-12. A norma também indica os procedimentos, protocolos de segurança, registros de incidentes necessários para as atividades. Porém não são observados valores descritos conforme são apresentados nas NPCP.

Da mesma forma, foram consultadas a NORMAN 01/DCP – Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação em Mar Aberto e a NORMAN 04/DCP – Normas da Autoridade Marítima para Operação de Embarcações Estrangeiras em Águas Jurisdicionais Brasileiras. Ambas também não contam com parâmetros climáticos e de correntes de marés conforme descritos nas NPCP.

NORMAS REGULAMENTADORAS E NORMAS BRASILEIRAS

As Normas Regulamentadoras (NR) são dispositivos normativos complementares a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) referentes ao tema Da Segurança e da Medicina do Trabalho (Capítulo V). É composta por um conjunto de 37 normas que abordam regras e condutas de segurança aos trabalhadores e condutas de risco e mitigação de acidentes laborais.

O trabalho da estiva moderna portuária abrange atividades de risco laboral, sendo alguns

deles genericamente citados: exposição a intempéries, risco de queda em altura, queda de objetos sob o operário, esforços mecânicos, ruídos excessivos, operação de equipamentos, ergonomia e manuseio de produtos químicos.

Pode-se afirmar aqui que o conjunto de protocolos e indicativos descritos nas NRs levam em conta os limites admissíveis da execução do trabalho, sem causar danos à saúde do operário. Logo, orientações de limites de velocidade de empilhadeiras em pátios e de içamento de cargas em guias, por exemplo, levam em conta apenas o limite de segurança para o trabalhador, não sendo avaliados limites estruturais ou operacionais do equipamento.

Os parâmetros de ventos críticos de projeto de guindastes e de ventos de operação são descritos nas Normas Brasileiras (NBR). O projeto de guindastes, quanto a componentes estruturais do equipamento, é normatizado pela NBR 8400 – Cálculo de Equipamento para Levantamento e Movimentação de Cargas. Nessa norma, as solicitações estruturais devido aos efeitos climáticos consideradas são a variação da temperatura e a ação do vento.

A operação de guindastes é normatizada conforme a norma NBR 13129. Considerando no cálculo da carga do vento em guindaste que a ação do vento sopra horizontalmente em todas as direções da estrutura e que a velocidade é constante, causando assim, uma reação estática às cargas, a norma considera velocidades e pressões aerodinâmicas para a operação de guindastes que são apresentadas mais à frente no documento.

Os valores verificados conforme normas e legislações pertinentes aos limiares climáticos do Porto de Santos pode ser observada a seguir:

Limites Operacionais: Canais de Acesso, Bacias de Evolução e Fundeadouros

Na Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos da São Paulo (NPCP-SP), as considerações normativas relacionadas a limitantes climáticas e estuarinas são:

- a) A norma preconiza que a condição de visibilidade a manobras de embarcações, é válida para embarcações com LOA ≤ 306 m e boca ≤ 46 m¹⁰, conforme os seguintes parâmetros (Tabela C1):

Tabela C1: Parâmetros de condição de visibilidade para manobras de embarcações (Fonte: Elaboração Própria)

Parâmetros climáticos	Condição de visibilidade a manobras de embarcações,
Visibilidade	≥ 1 nm (1852 m)*

*É permitido, assim, a realização sem restrição de horário (diurno e noturno).

- b) Os parâmetros meteorológicos desfavoráveis para a impraticabilidade total e parcial são¹¹ (Tabela C2):

Tabela C2: Parâmetros meteorológicos desfavoráveis para definição de impraticabilidade total e parcial

(Fonte: Elaboração Própria)

Parâmetros climáticos	Impraticabilidade do Porto	
	Total	Parcial
Ondas	≥ 3 m	$\geq 1,5$ m e < 3 m
Vento	> 30 nós (15,4 m/s)	> 17 nós (8,8 m/s)
Rajadas de vento	> 35 nós (18 m/s)	≥ 25 nós (12,9 m/s)*
Visibilidade	$< 0,5$ nm (926 m)	$\geq 0,5$ nm e < 1 nm (1852 m)**

* Impraticabilidade parcial para navios com LOA > 306 m e navios de grande área vélica (navios Ro-Ro ou navios em lastro).

** Impraticabilidade parcial para Navios com LOA > 306 m e para navios que tenham obstruções à linha de visada entre o passadiço/proa do navio).

c) A velocidade máxima permitida dos navios no canal de acesso do Porto de Santos é de 9 nós (4,6 m/s)¹².

d) As restrições de horário consideram os seguintes aspectos¹³:

- São apresentadas as regras de atracação e desatracação no período de maré de sizígia para o Terminal da Alemoa, Armazéns 38 e 39, Terminais TEG, TEAG e Cutrale;
- São instruídas as regras de atracação no cais de Outerinhos, Armazéns 16/17, 19, 20/21;
- Regras de manobras no cais da Valefértel quando presença de navios atracados na Usiminas 1 e Usiminas 2;
- Não constam regras diretamente restritivas relacionadas a condições de fatores climáticos específicos. A regra de parâmetros meteorológicos preponderantes correlaciona-se com a impraticabilidade total e parcial anteriormente citados.

e) Quanto as restrições relacionadas ao porte das embarcações, as regras que apresentem algum limite climático são¹⁴ (Tabela C3):

Tabela C3: Restrições relacionadas ao porte das embarcações (Fonte: Elaboração Própria)

Parâmetros climáticos	Os navio-tipo limitados as respectivas características geométricas dos berços de atracação com LOA máximo de 306 m e boca de 46 m;	Navios com LOA compreendidos entre 306 a 330 m	Navios com 330 m $< LOA < 336$ m
Ondas	-	$< 1,5$ m	Respeitar horários de estofa de maré.
Vento	-	< 17 nós (8,8 m/s)	-
Visibilidade	> 1 nm (1852 m)	> 1 nm (1852 m)**	-

f) Quanto as restrições de fundeio, não há limitadores climáticos.

g) Não se identificou nenhum limitador nas seguintes normas:

- NORMA DA AUTORIDADE PORTUÁRIA - NAP.SUPOP.OPR.005, de 29 de outubro de 2021.
- NORMA DA AUTORIDADE PORTUÁRIA (NAP) - NAP.SUPOP.OPR.004, de 30 de setembro de 2021.
- NORMA DA AUTORIDADE PORTUÁRIA (NAP) - NAP.SUPOP.OPR.003, de 30 de setembro de 2021.
- NAP.SUMAS.OPR.004.2021, de 30 de setembro de 2021.

Da mesma forma, foram consultadas a NORMAN 01/DCP – Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação em Mar Aberto e a NORMAN 04/DCP – Normas da Autoridade Marítima para Operação de Embarcações Estrangeiras em Águas Jurisdicionais Brasileiras. Ambas também não contam com parâmetros climáticos e de correntes de marés conforme descritos nas NPCP.

Ao investigar a base normativa da NR, quanto a indicadores de intensidade de eventos climáticos, tais como, ventos, temperaturas elevadas, temporais e neblina, foram encontrados parâmetros declarados a atividades laborais em que o vento é crítico à execução segura da atividade. No contexto demandado por esse estudo de impactos das mudanças climáticas a infraestrutura e operação dos terminais, quando observados os equipamentos portuários, equipamentos de solo e transportadores contínuos são citadas as seguintes NR e as respectivas orientações:

a) NR 11 – Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais¹⁵:

a norma discorre sobre a segurança para operação de elevadores, guindastes, transportadores industriais e máquinas transportadoras. Porém não cita parâmetros limites climáticos, principalmente condições críticas de ventos e chuvas;

b) NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos¹⁶: conforme a demanda de equipamentos tais como guias, guindastes, shiploaders, reachstackers, empilhadeiras, máquinas e tratores de solo, realizou-se a consulta a essa NR. A mesma discorre sobre arranjo físico, instalações, dispositivos elétricos, dispositivos de partida, acionamento e parada, dispositivos de parada de emergência, componentes pressurizados, transportadores de materiais, aspectos ergonômicos, manutenção, inspeção, sinalização e procedimentos de trabalho e segurança. A norma descreve para equipamentos que tenham sensibilidade a ação de ventos críticos deverá ser equipada com anemômetro, com dispositivos de alerta visual e sonoro de indicação ao operador. O limite para ventos é de $v \geq 9,7$ m/s (18,9 nós) para equipamentos plataforma elevatória de braço articulado (cesto suspenso) e guias. Essa norma não cita interferência e define limites operacionais para demais condições climáticas adversas.

c) NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção¹⁷:

esta norma estabelece diretrizes administrativas, de planejamento e de organização à implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção. Como alguns terminais portuários e estaleiros utilizam-se das guias clássicas desse segmento, realizou-se assim a consulta à respectiva norma. Quanto à criticidade dos ventos, a norma indica que

gruas devem dispor de anemômetros e alertas sonoros que indiquem a ocorrência de ventos críticos. O valor limite conta com $v > 11,7$ m/s (22,7 nós), sendo totalmente interdita a operação da grua. A norma descreve situação específica, com conjunto de características específicas do equipamento e operação da grua, para regime de ventos superiores a 11,7 m/s e limitados a 20 m/s (38,9 nós). Outras atividades descritas na norma e não relativas à atividade portuária levam em consideração a ocorrência de ventos fortes e chuvas, porém sem descrever os respectivos limites.

d) NR 30 – Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário¹⁸: norma aplicada aos trabalhos realizados em embarcações comerciais, de bandeiras nacional e estrangeiras, utilizadas no transporte de cargas ou de passageiros, inclusive embarcações de apoio operacional. No item referente a segurança na manutenção em embarcação em operação, condições climáticas e ambientais são citadas para a interrupção de trabalhos realizados em altura, descritos no item 30.14.7.1, sendo elas: (a) iluminação insuficiente; (b) condições meteorológicas adversas como chuvas, ventos relativos com intensidades superiores a 20 nós (10,3 m/s) e ondas com altura acima de 2,5 m; e (c) na ocorrência de balanços longitudinais e transversais que possam causar riscos ao trabalhador.

e) NR 34 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, Reparação e Desmonte Naval¹⁹: esta norma estabelece requisitos mínimos e medidas de proteção à segurança, à saúde e ao meio ambiente de trabalho nas atividades da indústria de construção, reparação e desmonte naval. Nos trabalhos em altura, montagem, desmontagem, manutenção e o acesso por cordas, são interrompidos em condições de ventos superiores a 11,1 m/s (21,6 nós). São autorizados o trabalho em altura com ventos de $11,1 \text{ m/s (21,6 nós)} < v < 15,3 \text{ m/s (29,7 nós)}$ conforme itens descritos no item 34.6.2.2. O acesso via cordas consta com execução autorizada conforme item 34.6.6.9.1 para intervalo de intensidade de ventos entre 11,1 m/s (21,6 nós) $< v < 12,8 \text{ m/s (24,8 nós)}$. A operação de gruas é limitada a ventos $v > 11,7 \text{ m/s (22,7 nós)}$. Em condições excepcionais são autorizadas a operação com ventos superiores a 11,7 m/s e limitados a 20 m/s (38,9 nós). Os trabalhos de montagem, desmontagem e manutenção podem ocorrer em condições mediante a autorização com ventos superiores a 11,7 m/s e limitados a 12,8 m/s (24,8 nós). No trabalho em fluentes deve-se considerar as seguintes condições: (a) serviços a bordo interrompidos com vento com velocidade de 3,3 m/s a 5,3 m/s e altura de onda entre 0,5 m e 1,25 m; (b) evacuação do flutuante vento com velocidade de 8,1 m/s a 38 km/h e altura de onda entre 2,5 m e 4,0 m; (c) flutuante com propulsão própria realize deslocamento seguro em condições vento com velocidade de 8,1 m/s a 38 km/h e altura de onda entre 2,5 m e 4,0 m.

f) NR 35 – Trabalho em Altura²⁰: A norma estabelece requisito mínimos e medidas de proteção para o trabalho em altura de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores. A norma declara como condições de impedimento do trabalho de acesso por cordas deve ser interrompido com ventos $v > 11,1 \text{ m/s (21,6 nós)}$. A condição excepcional deve atender os requisitos descritos no item 5.2 e limitados a ventos entre 11,1 m/s e 12,8 m/s.

Em relação a Norma NBR 840021, o limite da variação da temperatura descrita na norma é de -10°C a 50°C, críticos aos elementos que estão impossibilitados de dilatar livremente como treliças ou demais estruturas metálicas de guindastes, gruas, shiploaders, shipunloaders, entre outros equipamentos com braços ou colunas de sustentação. Quanto ao vento, a forma do equipamento condiciona as respectivas ações do vento. A norma do projeto considera que a estrutura deverá ter resistência a ventos em todas as direções. As velocidades de ventos considerados como limite de operação, os ventos máximos para não operação e as respectivas pressões aerodinâmicas assumidas para o dimensionamento são apresentados na Tabela C4.

Tabela C4: Velocidades e pressões aerodinâmicas segundo a NBR 8400 (Fonte: Elaboração Própria)

Altura em relação ao solo (m)	Vento Limite de Serviço			Vento Máximo (fora de serviço)		
	Velocidade		Pressão aerodinâmica (N/m ²)	Velocidade		Pressão aerodinâmica (N/m ²)
	(m/s)	(km/h)		(m/s)	(km/h)	
0 a 20	20	72	250	36	130	800
20 a 100	-	-	-	42	150	1100
> 100	-	-	-	46	165	1300

Quanto ao impacto e ao dano à estrutura dos equipamentos de içamento, temos as velocidades críticas, em relação às alturas dos equipamentos em relação ao solo, nos valores de 36,1 m/s, 42,7 m/s e 45,8 m/s.

Por outro lado, a norma NBR 1312922 sugere o valor limite de velocidade de ventos de 20 m/s para guindastes instalados em áreas livres (Tabela C5).

Tabela C5: Velocidades e pressões aerodinâmicas segundo a NBR 13129. (Fonte: Elaboração Própria)

Tipo de Guindaste	Velocidade do Vento		Pressão Dinâmica do Vento (N/m ²)
	(m/s)	(km/h)	
Guindastes facilmente fixados contra a ação dos ventos, projetados somente para operação de ventos leves (ex.: guindastes de chassi baixo com lanças que podem ser baixadas facilmente ao solo)	14	50,4	125
Todos os tipos normais de guindastes instalados em áreas livres	20	72	250
Guindastes descarregados tipo transportador, que deve continuar operando com ventos fortes	28,5	102,6	500

Fonte: Elaboração própria.

Sendo assim, pode-se constatar que as Normas Regulamentadoras e a Norma Brasileira convergem no patamar limite de serviço à velocidade de 20 m/s. Sob essa intensidade de vento, segundo as preconizações de segurança laboral, para obterem permissão laboral, os operadores necessitam atender condições complementares impostas e descritas nas respectivas NRs concedentes.

Para o atual estudo de impactos climáticos, podemos considerar como velocidades críticas aos

equipamentos estruturados em semipórtico, pórtico e lanças, tais como, guindastes grabs, guindastes convencionais, guindastes convencionais, guias, guindaste pórtico sobre pneus para contêineres (transtêineres), portâiner e shiploaders, em função das seguintes categorias de danos:

- a) Danos a operação: velocidade crítica limite de 9,7 m/s a 11,7 m/s;
- b) Danos a infraestrutura: velocidade crítica limite de 36,1 m/s a 41,7 m/s.

APÊNDICE D – Cenários de Mudança do Clima para Santos

Para o futuro, projeções de modelos de clima indicam um aumento de ventos extremos em áreas tropicais (Ranasinghe et al., no prelo). Em Santos, projeções climáticas de 12 modelos regionais de clima não demonstram concordância significativa entre os modelos quanto a mudanças no vento médio para nenhum cenário de emissões de gases do efeito estufa e horizonte temporal. A análise customizada para Santos usando mais de uma dezena de modelos de clima e dois cenários de emissões de gases de efeito estufa (moderado e alto) indica que ventos moderados (> 3 m/s, W3ms) devem se tornar mais frequentes. Ou seja, mais de 75% dos modelos concordam com o sinal de sinal de aumento. Para frequência de ventos fortes (> 7 m/s e > 10 m/s), não existe um sinal claro de mudança. O resumo das concordâncias dos modelos para os ventos fortes e moderados pode ser visto a seguir pelas Figuras D1 e D2.

Figura D1: Resumo da concordância de modelos para ventos moderados dos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5.
(Fonte: Elaboração Própria)

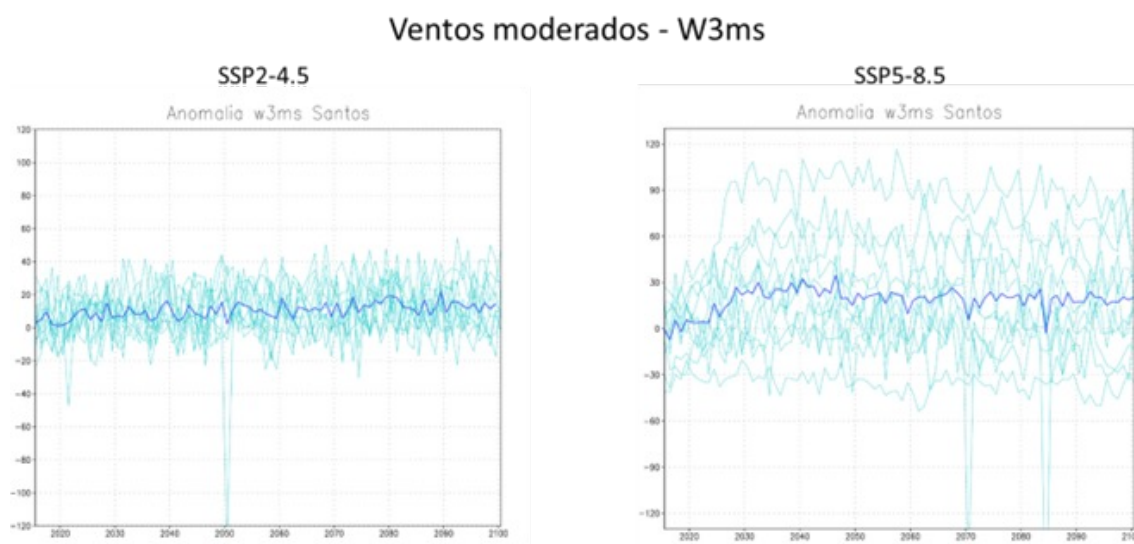
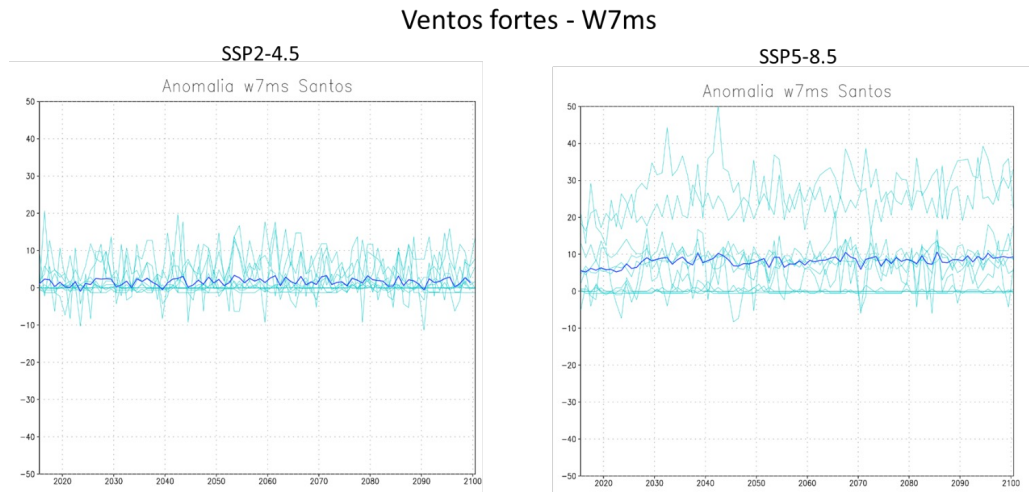


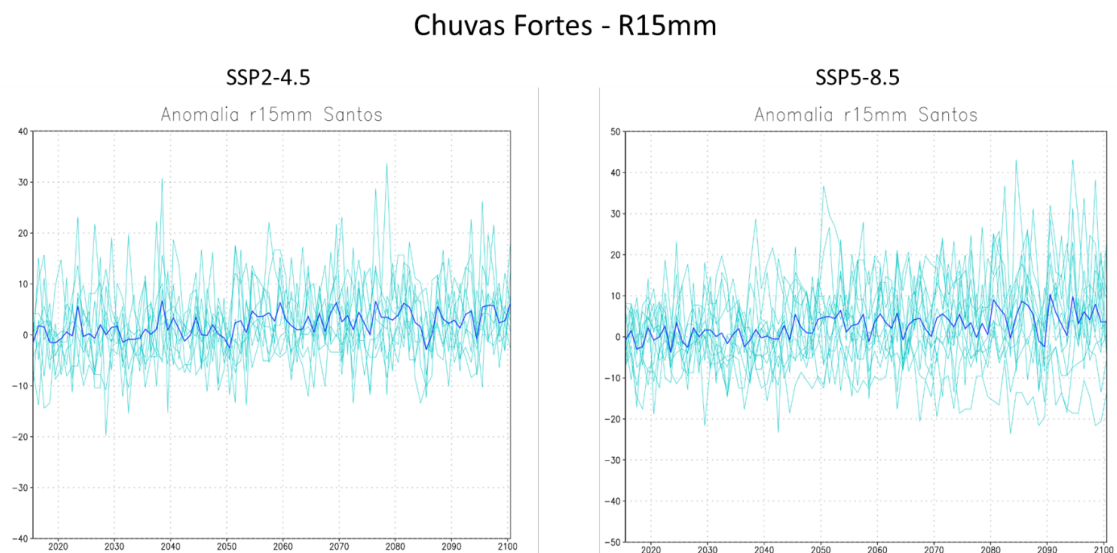
Figura D2: Resumo da concordância de modelos para ventos fortes dos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 (Fonte: Elaboração Própria)



Para o futuro, as projeções de modelos regionais de clima não indicam um sinal claro de mudança na chuva total anual para nenhum cenário de emissões e horizonte temporal. As projeções de modelos regionais de clima indicam um aumento na chuva máxima anual (Rx1day) e na chuva máxima anual acumulada em 5 dias (Rx5day) para Santos no final do século quando considerando o cenário de altas emissões. A análise customizada para Santos usando mais de uma dezena de modelos de clima forçados por pelo cenário de emissões de gases de efeito estufa (moderado e alto) indica um possível aumento na frequência de dias com chuva (> 1 mm) e dias com chuvas fortes (> 15 mm). Embora a média do conjunto de modelos indique um sinal de aumento para o cenário de altas emissões (SSP5-8.5) em ambos os casos, a concordância entre os modelos é menor que 75%.

O resumo das concordâncias dos modelos para as chuvas fortes pode ser visto a seguir pela Figura D3.

Figura D3: Resumo da concordância de modelos para chuvas fortes dos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 (Fonte: Elaboração Própria)



No futuro, é praticamente certo que o nível médio global do mar continuará a subir (FOX-KEMPER et al., no prelo) e que a maioria das costas arenosas sofrerão recuo da linha de costa ao longo do século 21 (RANASINGHE et al., no prelo). Ambos os cenários de emissões (moderado e alto) mostram um aumento na frequência do nível extremo do mar (Vousdoukas et al., 2018) e uma redução da linha costeira em Santos (VOUSDOKAS et al., 2020) (não ilustrado). Todos os modelos de clima concordam com o ANM em Santos, e as projeções indicam uma elevação de 12-13 cm até 2030, 26-29 cm até 2050 e 59-76 cm até 2090 a depender do cenário de emissões (Figura D4). A exemplo, em 2050, grandes áreas poderão ser inundadas anualmente devido à combinação de ressacas e ANM (Figura D5)

<https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool?lat=-24&lon=-45>

Figura D4: Projeções de mudança no nível médio do mar para o período de 2020-2150 em relação ao período de referência de 1995-2014 derivadas de dezenas de modelos de clima forçados por dois cenários de emissões: moderado (SSP2-4.5, em rosa) e altas emissões (SSP5-8.5, em marrom) no porto de Santos (Fonte: NASA, 2022b)

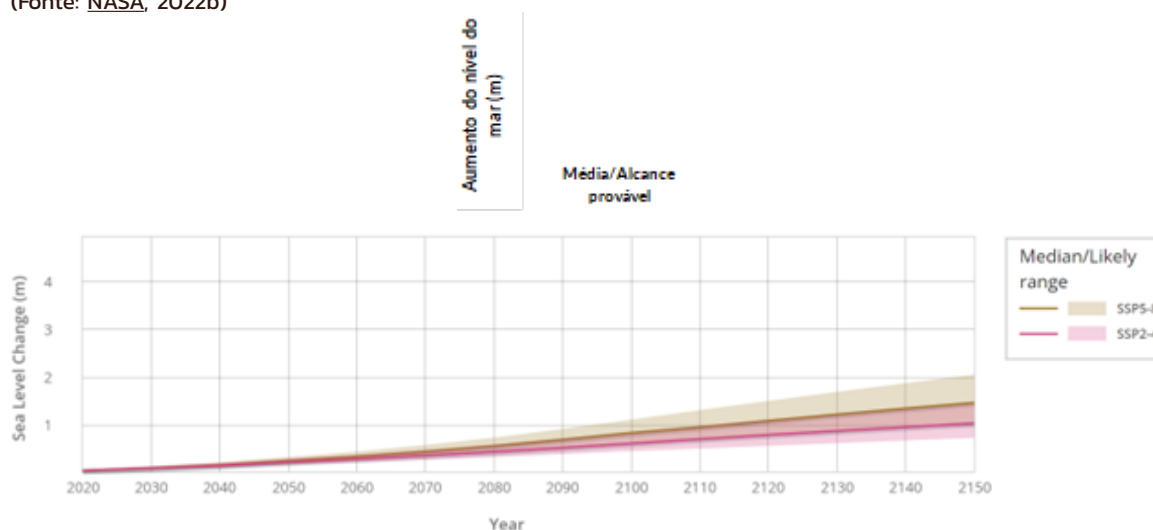
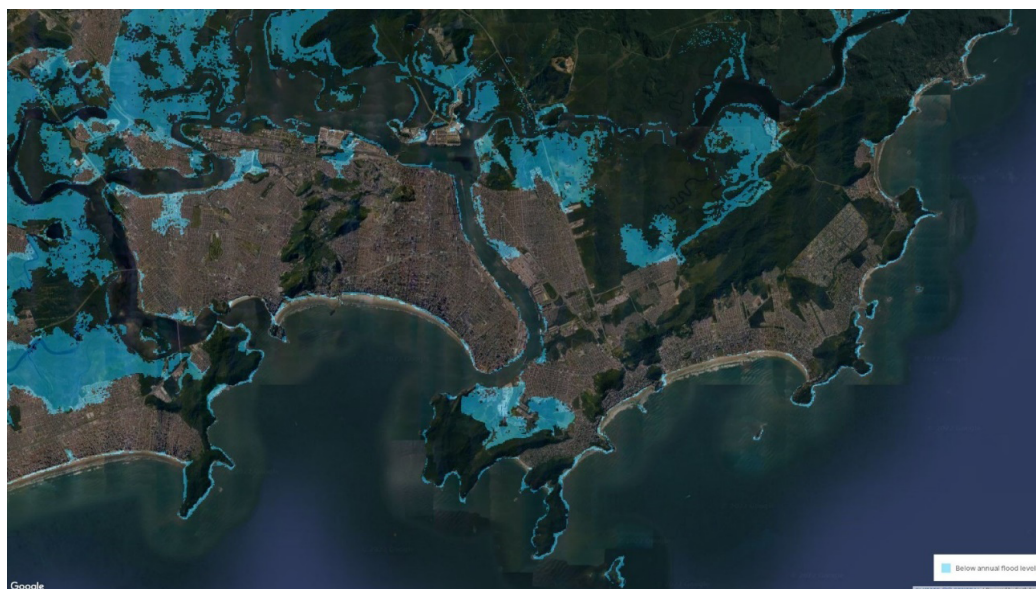
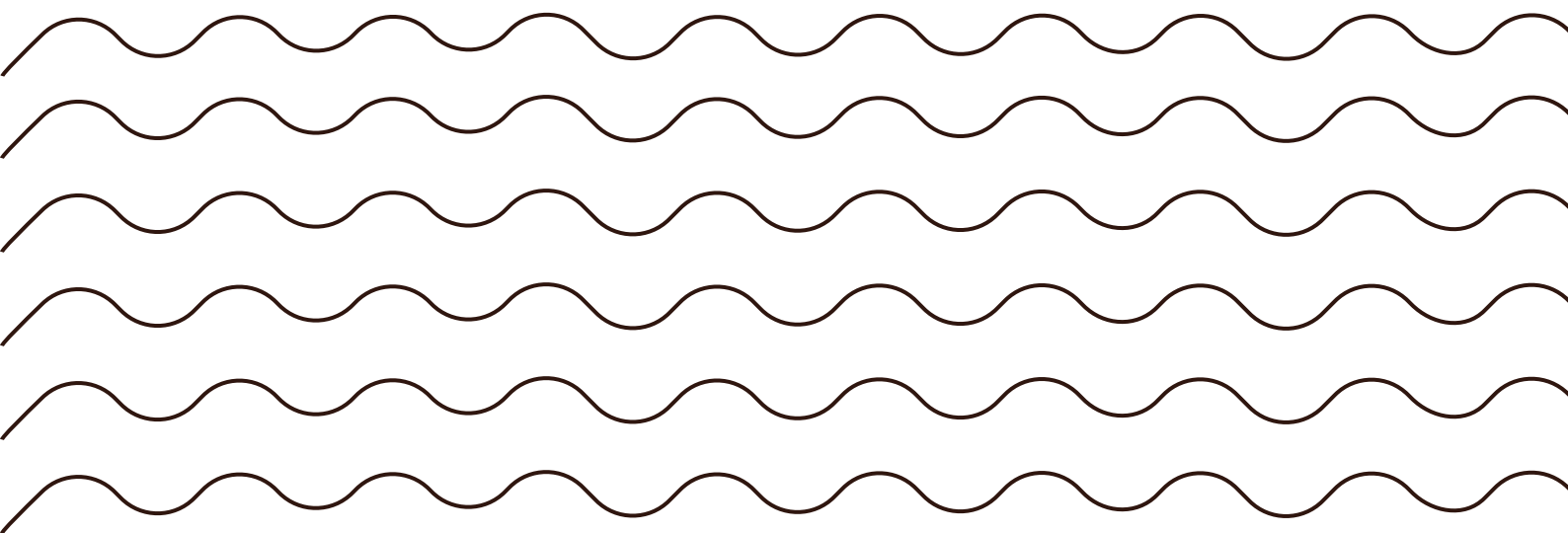
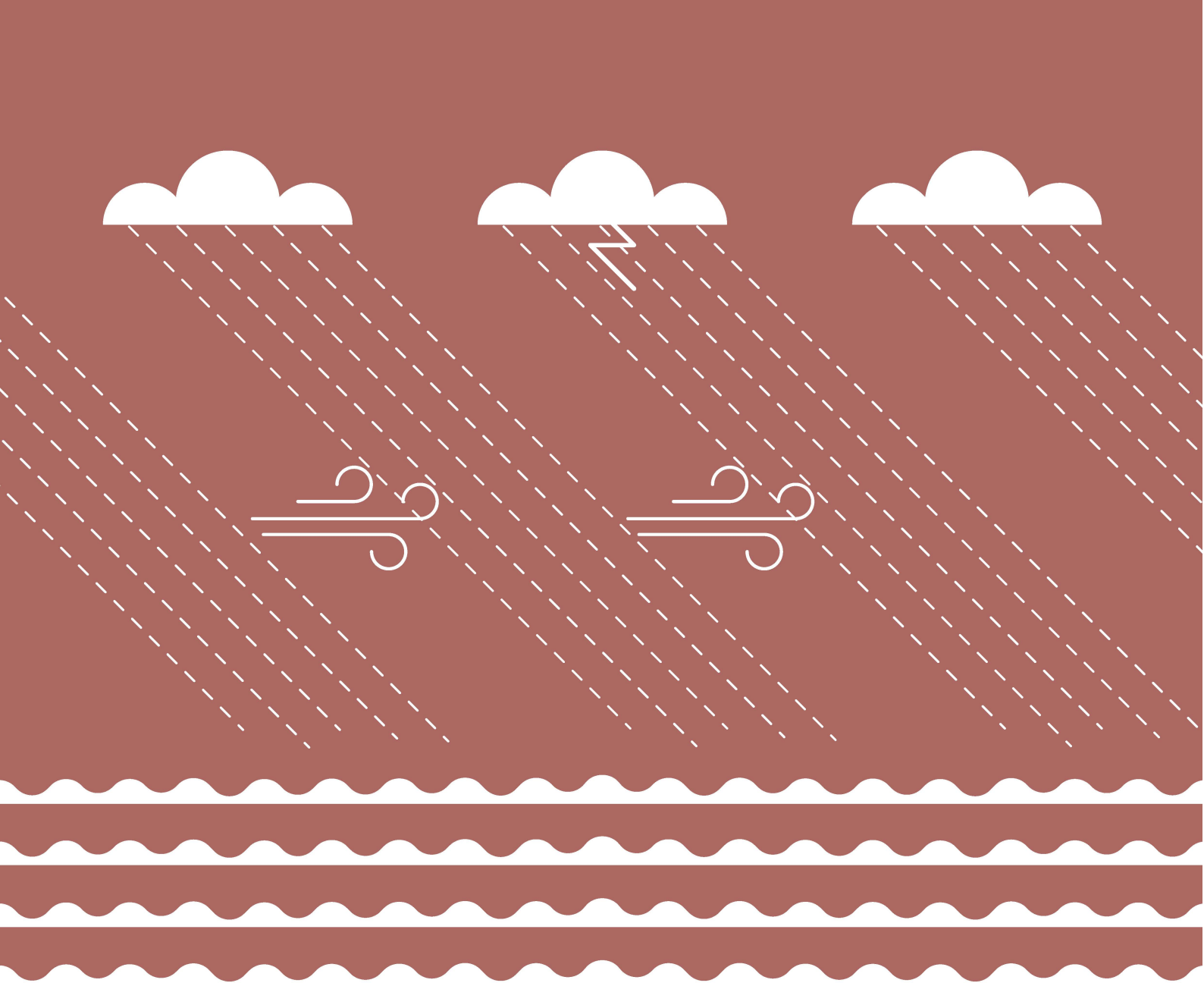


Figura D5: Área inundada (Aumento do nível do mar + ressacas com Tempo de Retorno de 1 ano) para o cenário de altas emissões (SSP5-8.5) para o ano de 2050 para Santos (Fonte: Climate Central, 2022)







On behalf of:



of the Federal Republic of Germany