

GUIA PARA A CONDUÇÃO DE LEVANTAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO E MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO PARA **INFRAESTRUTURAS PORTUÁRIAS**



Por ordem do



Por meio da



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DA
INFRAESTRUTURA



Sumário

INTRODUÇÃO	7
COMO USAR ESTE GUIA	8
ETAPAS PARA REALIZAÇÃO DE UMA LEVANTAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO EM INFRAESTRUTURAS PORTUÁRIAS	12
ETAPA 1: Definição do projeto	12
1.1. Definição da equipe do projeto	12
1.2. Definição do escopo do projeto	13
ETAPA 2: Coleta de dados	13
2.1. Levantamento do histórico de impactos e ameaças	13
2.2. Construção das cadeias de impacto	14
2.3. Levantamento dos ativos portuários	15
2.4. Identificação e seleção de limiares climáticos	16
2.5. Obtenção de dados hidrometeorológicos	17
2.5.1. Dados observacionais	17
2.5.2. Projeções Climáticas	18
2.6. Processamento de dados climáticos	19
2.6.1. Cálculo de índices climáticos	19
2.6.2. Análise de tendência observada	21
2.6.3. Elaboração dos cenários de mudança do clima	22
2.7. Acesso a informações climáticas genéricas	23
ETAPA 3: Fundamentação dos Riscos	24
3.1. Atribuição da probabilidade da ameaça climática	24
3.1.1. Definição da escala de probabilidade	27
3.1.2. Pontuação da probabilidade	28
3.2. Atribuição da severidade	29
3.2.1. Definição da escala de severidade	29
3.2.2. Identificação das interações entre infraestrutura e o clima	31
3.2.3. Pontuação da severidade	32
3.3. Levantamento dos riscos	33
3.3.1. Definição da escala de risco	33
3.3.2. Cálculo do risco	34
ETAPA 4: Medidas de adaptação	36
4.1. Levantamento das medidas de adaptação	36
BIBLIOGRAFIA	41

Lista de Figuras

Figura 1: Etapas para realização de uma Levantamento de Risco Climático	14
Figura 2: Elementos de uma cadeia de impacto	15
Figura 3: Representação da distribuição da frequência	27
Figura 4: Exemplo de uma Matriz de Risco	33

Lista de Tabelas

Tabela 1: Exemplo de sistematização do monitoramento de impactos e suas causas no Pier do Terminal do Porto de Aratu	9
Tabela 2: Exemplo de valores de limiares da infraestrutura	16
Tabela 3: Base de dados úteis para uma levantamento de risco	17
Tabela 4: Fontes de dados de projeções climáticas	18
Tabela 5: Exemplo das informações utilizadas para definir os critérios da customização climática para o Porto de Santos.	19
Tabela 6: Síntese dos cenários de emissão	20
Tabela 7: Tabela-resumo do nível de concordância	21
Tabela 8: Fontes de informações climáticas	23
Tabela 9: Exemplo das condições climáticas observadas e dos cenários futuros no Porto de Santos	26
Tabela 10: Exemplo de Escala de Probabilidade	27
Tabela 11: Exemplo de classificação de probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas para o Porto de Santos	29
Tabela 12: Exemplo de Escala de Severidade Estrutural para Granéis Sólidos, Líquidos e Gasosos	30
Tabela 13: Exemplo de avaliação de interação entre danos e eventos climáticos	31
Tabela 14: Exemplo de classificação da severidade	32
Tabela 15: Exemplo de Matriz de Risco visualizada em forma de tabela-resumo	35
Tabela 16: Exemplo de Matriz de Risco visualizada em forma de tabela-resumo	38

Glossário

Adaptação à mudança do clima

Nos sistemas humanos, é o processo de ajuste ao clima real ou esperado e seus efeitos, a fim de moderar danos ou explorar oportunidades benéficas. Nos sistemas naturais, é o processo de ajuste ao clima real e seus efeitos, sendo que a intervenção humana pode facilitar o ajuste ao clima esperado e seus efeitos (IPCC, 2022).

Alterações Climáticas / Mudança do Clima

As alterações climáticas ou mudança do clima referem-se a uma mudança no estado do clima que pode ser identificada (por exemplo, usando testes estatísticos) por mudanças na média e/ou na variabilidade de suas propriedades e que persiste por um período prolongado, geralmente décadas ou mais. As mudanças climáticas podem ser devidas a processos internos naturais ou forças externas, como modulações dos ciclos solares, erupções vulcânicas e mudanças antrópicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso da terra. Observe que a Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC), em seu Artigo 1, define mudança climática como: “uma mudança do clima que é atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que altera a composição da atmosfera global e que se soma à variabilidade natural do clima observada em períodos de tempo comparáveis”. A UNFCCC, portanto, faz uma distinção entre as mudanças climáticas atribuíveis às atividades humanas que alteram a composição atmosférica e a variabilidade climática atribuível a causas naturais.

Ameaça Climática

A ocorrência potencial de um evento ou tendência física natural ou induzida pelo homem que pode causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos à saúde, bem como danos e perdas à propriedade, infraestrutura, meios de subsistência, prestação de serviços, ecossistemas e recursos ambientais (IPCC, 2022).

Anomalia

O desvio de uma variável do seu valor médio ao longo de um período de referência (IPCC, 2022).

Avaliação de risco

A estimativa científica qualitativa e/ou quantitativa dos riscos (IPCC, 2022).

Caminhos socioeconômicos compartilhados (SSPs)

Caminhos socioeconômicos compartilhados (SSPs) foram desenvolvidos para complementar os RCPs com vários desafios socioeconômicos para adaptação e mitigação. Com base em cinco narrativas, os SSPs descrevem futuros socioeconômicos alternativos na ausência de intervenção de política climática, incluindo desenvolvimento sustentável (SSP1), rivalidade regional (SSP3), desigualdade (SSP4), desenvolvimento movido a combustíveis fósseis (SSP5) e um desenvolvimento rodoviário (SSP2) (O'NEILL et al., 2014). A combinação de cenários socioeconômicos baseados em SSP e projeções climáticas baseadas em Rota de Concentração Representativa (RCP) fornece um quadro integrador para análise de políticas e impacto climático (IPCC, 2022).

Cenário

Uma descrição plausível de como o futuro pode se desenvolver com base em um conjunto coerente e internamente consistente de suposições sobre as principais forças motrizes (por exemplo, taxa de mudança tecnológica, preços) e relacionamentos. Os cenários não são previsões. São usados para fornecer uma visão das implicações de ações (IPCC, 2022).

Cenário de emissões

Uma representação plausível do desenvolvimento futuro de emissões de substâncias que são radiativamente ativas (por exemplo, gases de efeito estufa (GEEs) e aerossóis) com base em um conjunto coerente e internamente consistente de suposições sobre forças motrizes (como desenvolvimento demográfico e socioeconômico, mudança, energia e uso da terra) e suas principais relações. Cenários de concentração, derivados de cenários de emissão, são frequentemente usados como entrada para um modelo climático para calcular projeções climáticas (IPCC, 2022).

Clima

Clima em sentido estrito é geralmente definido como o tempo médio, ou mais rigorosamente, como a descrição estatística em termos da média e variabilidade de quantidades relevantes ao longo de um período de tempo que varia de meses a milhares ou milhões de anos. O período clássico para a média dessas variáveis é de 30 anos, conforme definido pela Organização Meteorológica Mundial. As quantidades relevantes são na maioria das vezes variáveis de superfície, como temperatura, precipitação e vento. Clima em um sentido mais amplo é o estado incluindo uma descrição estatística, do sistema climático (IPCC, 2022).

Combustíveis fósseis

Combustíveis à base de carbono de depósitos de hidrocarbonetos fósseis, incluindo carvão, petróleo e gás natural (IPCC, 2022).

Conjunto de multi-modelos

Um grupo de simulações de modelos paralelos que caracterizam condições climáticas históricas, previsões climáticas ou projeções climáticas. A variação dos resultados entre os membros do conjunto pode fornecer uma estimativa da incerteza baseada em modelagem. Os ensembles feitos com o mesmo modelo, mas com condições iniciais diferentes, caracterizam apenas a incerteza associada à variabilidade climática interna, enquanto os ensembles multimodelo, incluindo simulações de vários modelos, também incluem o impacto das diferenças do modelo (IPCC, 2022).

Downscaling (Redução de escala)

O downscaling é um método que deriva informações de escala local para regional de modelos ou análises de dados em maior escala. Existem dois métodos principais: downscaling dinâmico e downscaling empírico/estatístico. O método dinâmico usa a saída de modelos climáticos regionais, modelos globais com resolução espacial variável ou modelos globais de alta resolução. Os métodos empíricos/estatísticos [baseiam-se em observações e] desenvolvem relações estatísticas que relacionam as variáveis atmosféricas de grande escala com as variáveis climáticas locais/regionais (IPCC, 2022).

Evento climático extremo

A ocorrência de um valor de uma variável meteorológica ou climática acima (ou abaixo) de um valor limite próximo às extremidades superiores (ou inferiores) da faixa de valores observados da variável (IPCC, 2022).

Exposição

A presença de pessoas; meios de subsistência; espécies ou ecossistemas; funções, serviços e recursos ambientais; a infraestrutura; ou bens econômicos, sociais ou culturais em lugares e configurações que podem ser afetados negativamente (IPCC, 2022).

Gás de efeito estufa (GEE)

Os gases de efeito estufa são aqueles constituintes gasosos da atmosfera, tanto naturais quanto antropogênicos, que absorvem e emitem radiação em comprimentos de onda específicos dentro do espectro de radiação terrestre emitida pela superfície da Terra, pela própria atmosfera e pelas nuvens. Vapor de água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) e ozônio (O₃) são os principais gases de efeito estufa na atmosfera terrestre (IPCC, 2022)

Gestão de riscos

Planos, ações, estratégias ou políticas para reduzir a probabilidade dos riscos climáticos ou para responder às suas consequências (IPCC, 2022)

Impactos (consequências, resultados)

As consequências dos riscos realizados nos sistemas naturais e humanos, em que os riscos resultam das interações de ameaças relacionadas ao clima (incluindo eventos climáticos e climáticos extremos), exposição e vulnerabilidade. Os impactos geralmente se referem a efeitos sobre vidas, meios de subsistência, saúde e bem-estar, ecossistemas e espécies, ativos econômicos, sociais e culturais, serviços (incluindo serviços ecossistêmicos) e infraestrutura. Os impactos podem ser referidos como consequências ou resultados e podem ser adversos ou benéficos (IPCC, 2022)

Incerteza

Um estado de conhecimento incompleto que pode resultar da falta de informação ou do desacordo sobre o que é conhecido ou mesmo cognoscível. Pode ter muitos tipos de fontes, desde imprecisão nos dados até conceitos ou terminologia definidos de forma ambígua, compreensão incompleta de processos críticos ou projeções incertas do comportamento humano. A incerteza pode, portanto, ser representada por medidas quantitativas (por exemplo, uma função de densidade de probabilidade) ou por declarações qualitativas (por exemplo, refletindo o julgamento de uma equipe de especialistas) (IPCC, 2021).

Linha de base

Refere-se a cenários que se baseiam no pressuposto de que nenhuma política ou medida de mitigação será implementada além daquelas que já estão em vigor e/ou estão legisladas ou planejadas para serem adotadas. Cenários de linha de base não pretendem ser previsões do futuro, mas em vez disso, construções contrafactuais que podem servir para destacar o nível de emissões que ocorreria sem maiores esforços políticos. Normalmente, os cenários de linha de base são comparados aos cenários de mitigação que são construídos para atender a diferentes metas de emissões de gases de efeito estufa (GEE), concentrações atmosféricas ou mudanças de temperatura. O termo "linha de base" é frequentemente usado de forma intercambiável com "cenário de referência" (IPCC, 2022)

Modelo de clima

Uma representação numérica do sistema climático com base nas propriedades físicas, químicas e biológicas de seus componentes, suas interações e processos de feedback e contabilizando algumas de suas propriedades conhecidas. O sistema climático pode ser representado por modelos de complexidade variável; isto é, para qualquer componente ou combinação de componentes, um espectro ou hierarquia de modelos pode ser identificado, diferindo em aspectos como o número de dimensões espaciais, a extensão em que os processos físicos, químicos ou biológicos são explicitamente representados ou o nível em quais parametrizações empíricas estão envolvidas. Há uma evolução para modelos mais complexos com química e biologia interativas. Os modelos climáticos são aplicados como ferramenta de pesquisa para estudar e simular o clima e para fins operacionais, incluindo clima mensal, sazonal e interanual previsões (IPCC, 2022).

Probabilidade

A chance de um resultado específico ocorrer, onde isso pode ser estimado probabilisticamente. A probabilidade é expressa neste relatório usando uma terminologia padrão (IPCC, 2021).

Projeção climática

Uma projeção climática é a resposta simulada do sistema climático a um cenário futuro de emissão ou concentração de gases de efeito estufa (GEEs) e aerossóis, geralmente derivados de modelos climáticos. As projeções climáticas se distinguem das previsões climáticas por sua dependência do cenário de emissão/concentração/forçamento radiativo utilizado, que por sua vez é baseado em suposições relativas, por exemplo, a desenvolvimentos socioeconômicos e tecnológicos futuros que podem ou não ser realizados (IPCC, 2022).

Projeto de Intercomparação de Modelo Acoplado (CMIP)

O Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) é uma atividade de modelagem climática do World Climate Research Program (WCRP) que coordena e arquiva simulações de modelos climáticos com base em entradas de modelos compartilhadas por grupos de modelagem de todo o mundo (IPCC, 2022).

Sistema climático

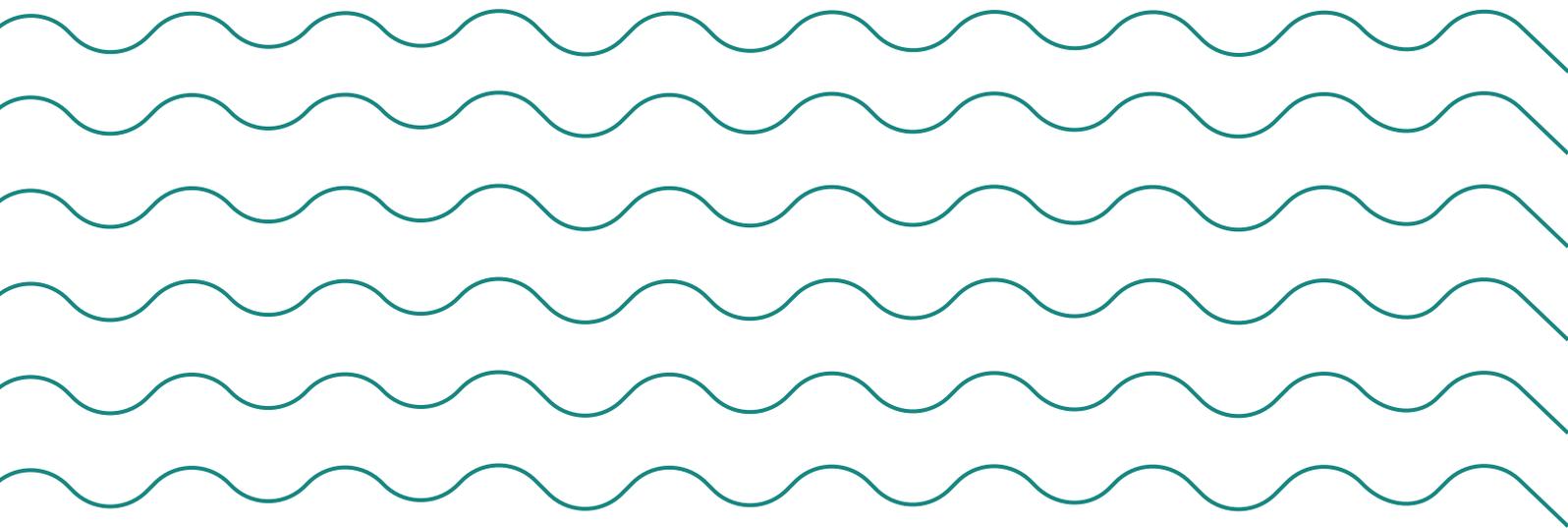
O sistema climático é o sistema altamente complexo que consiste em cinco componentes principais: a atmosfera, a hidrosfera, a criosfera, a litosfera e a biosfera e as interações entre elas. O sistema climático evolui no tempo sob a influência de sua própria dinâmica interna e por forçantes externas, como erupções vulcânicas, variações solares e forçantes antropogênicas, como a mudança da composição da atmosfera e a mudança do uso da terra (IPCC, 2022).

Variabilidade climática

A variabilidade climática refere-se a variações no estado médio e outras estatísticas (como desvios padrão e ocorrência de extremos do clima) em todas as escalas espaciais e temporais além daquelas de eventos climáticos individuais. A variabilidade pode ser decorrente de processos internos naturais dentro do sistema climático (variabilidade interna), ou de variações no forçamento externo natural ou antropogênico (variabilidade externa) (IPCC, 2022).

Vulnerabilidade

A propensão ou predisposição a ser adversamente afetada. A vulnerabilidade engloba uma variedade de conceitos e elementos, incluindo sensibilidade ou suscetibilidade a danos e falta de capacidade para lidar e se adaptar (IPCC, 2022).



Introdução

Somente entre janeiro e fevereiro de 2022, o setor portuário brasileiro movimentou 179,8 milhões de toneladas de cargas (ANTAQ, 2022), reafirmando a sua importância estratégica para as economias nacional e global. Entretanto, grandes desafios devem ser enfrentados para a continuidade dessa trajetória de sucesso, já que as infraestruturas portuárias brasileiras se encontram amplamente expostas aos impactos da crise climática em curso (SAE-PR, 2013).

Neste sentido, o levantamento de risco climático é essencial para subsidiar o planejamento e a implementação de medidas de adaptação que contribuam para o aumento da resiliência do setor portuário. O levantamento de risco é cada vez mais demandado por parte dos investidores, já que as organizações devem estar preparadas para enfrentar os potenciais impactos decorrentes da mudança do clima. Entretanto, mesmo diante da sua notável importância para o planejamento a curto, médio e longo prazo, ainda existem lacunas nos métodos de identificação dos riscos e das suas consequências (ENGINEERS CANADA, 2016), ausência de dados disponíveis (tais como histórico de danos causado pelos eventos adversos do clima), dentre outros desafios.

Cientes da importância estratégica do setor portuário brasileiro e das lacunas metodológicas previamente citadas, este produto apresenta um guia ou roteiro de ações com proposições que poderão subsidiar futuras Análises de Risco Climático aplicadas aos portos organizados e instalações portuárias brasileiras. Concomitantemente, relatamos neste documento as lições aprendidas ao longo do levantamento de risco climático para os portos de Santos, Aratu e Rio Grande e apresentamos propostas de medidas de adaptação customizadas. Espera-se que as informações aqui apresentadas permitam maior clareza na identificação das ameaças relacionadas à mudança do clima às quais os portos estão expostos atualmente ou estarão no futuro.

Este documento constitui-se como uma referência a consultores e técnicos envolvidos na temática da mudança do clima, contendo importantes mensagens-chaves aos portos para que possam verificar suas vulnerabilidades estruturais e operacionais diante de ameaças climáticas. Dessa forma, este guia facilitará o planejamento e a implementação de ações de adaptação, tais como, implementação de novas tecnologias em engenharia, mudanças nas práticas de operação em momentos de um evento climático adverso e alterações dos sistemas de gestão.

Espera-se que esse guia possa apoiar os portos na gestão de seus riscos, os quais ainda são pouco considerados. Em 2020, por exemplo, segundo o Índice de Desempenho Ambiental (IDA) da ANTAQ, mais de 74% dos portos brasileiros não possuíam nenhuma certificação voluntária como a ISO 9001 (Gestão da Qualidade), ISO 14001 (Gestão Ambiental), OHSAS 18001 (Gestão da Segurança e Saúde Operacional), NBR 16001 e SA 8000 (Gestão da Responsabilidade Social), ISO 50001 (Sistema de Gestão de Energia) e ISO 31000 (Gestão de Riscos) e menos de 7% dos portos possuíam duas ou mais certificações voluntárias. A realidade é diferente para os Terminais de Uso Privado (TUP), visto que mais de 56% possuíam duas ou mais certificações voluntárias.

Em relação à Prevenção de Riscos, o IDA indica que mais de 96% dos portos possuem ao menos dois planos ou programas como Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), Plano de Emergência Individual (PEI), Plano de Controle de Emergência (PCE), Plano de Área e Plano de Ajuda Mútua (PAM). Nos TUPs esse percentual é de pouco mais de 94%.

Nos portos de Santos, Rio Grande e Aratu, as Autoridades Portuárias destacaram as seguintes mensagens-chave:

- **Porto de Santos:** o Santos Port Authority (SPA) tem uma Política de Gestão de Riscos que indica que a metodologia adotada é a de Gerenciamento de Riscos Corporativos – Integrado com Estratégia e Performance – 2017 (“Framework”) definida pelo Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission (COSO), uma vez que o risco influencia a estratégia e performance em todos os departamentos e funções.
- **Porto de Rio Grande:** a Autoridade Portuária dos Portos do Rio Grande do Sul (Portos RS) indicou que o Programa de Gerenciamento de Risco (PGR) do Porto Público está em elaboração com foco nas operações realizadas no Porto Novo e Porto Velho, visando atender ao Parecer Técnico nº 36/2022 – COMAR/CGMAC/DILIC. Além disso, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) solicita Estudos de Análise de Risco (EAR) e Plano de Ação de Emergência (PAE) seguindo uma série de orientações. Soma-se a esses instrumentos, o Plano de Emergência Individual (PEI), seguindo a resolução do CONAMA 398/2008 e ainda o Plano de Área do PEI (Lei 9.966/2000 e Decreto Federal nº 4.871/2003) para acidentes com óleo. O porto ainda elaborou o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e o Plano de Controle de Emergência (PCE), que traz uma série de riscos identificados e seus efeitos, além dos procedimentos e ações de resposta. Para os terminais instalados no Superporto, todos possuem um PGR alinhado à atividade fim, conforme Licença de Operação exigida pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM).
- **Aratu:** os representantes da CODEBA não enviaram informações sobre a gestão de riscos no porto.

Como usar esse guia

Na construção deste guia são apresentados os principais passos para a elaboração do levantamento de risco, além dos objetivos de cada uma das etapas, os produtos esperados e recomendações metodológicas aplicáveis. Este guia foi produzido levando-se em conta os princípios do Protocolo de Engenharia PIEVC para Avaliação de Vulnerabilidade da Infraestrutura e Adaptação à Mudança Climática (versão Junho de 2016) (ENGINEERS CANADA, 2016), e inclui parâmetros da ISO 14091:2021 – Adaptação à mudança climática - Diretrizes sobre vulnerabilidade, impactos e avaliação de risco (ISO, 2021).

Ressalta-se que a avaliação do risco climático é um processo interdisciplinar visto que busca incluir as contribuições de todos os profissionais e atores-chave envolvidos. Em todos os passos descritos, o processo deve levar em consideração princípios de transparência, de forma a garantir que ele seja um instrumento adequado à tomada de decisão.

As principais etapas da elaboração de um levantamento de risco climático são apontadas em fluxograma na Figura 1. Ao longo do texto, serão vistos caixas com **dicas, pontos de atenção e lições aprendidas**. As **dicas** têm relação com informações adicionais que podem ser úteis à execução do trabalho. Os **pontos de atenção** referem-se a conceitos ou explicações de alguns termos utilizados. As **lições aprendidas** são informações importantes que foram assimiladas ao longo do processo de avaliação do risco climático nos Portos de Aratu, Santos e Rio Grande.

Figura 1: Etapas para realização de um Levantamento de risco Climático

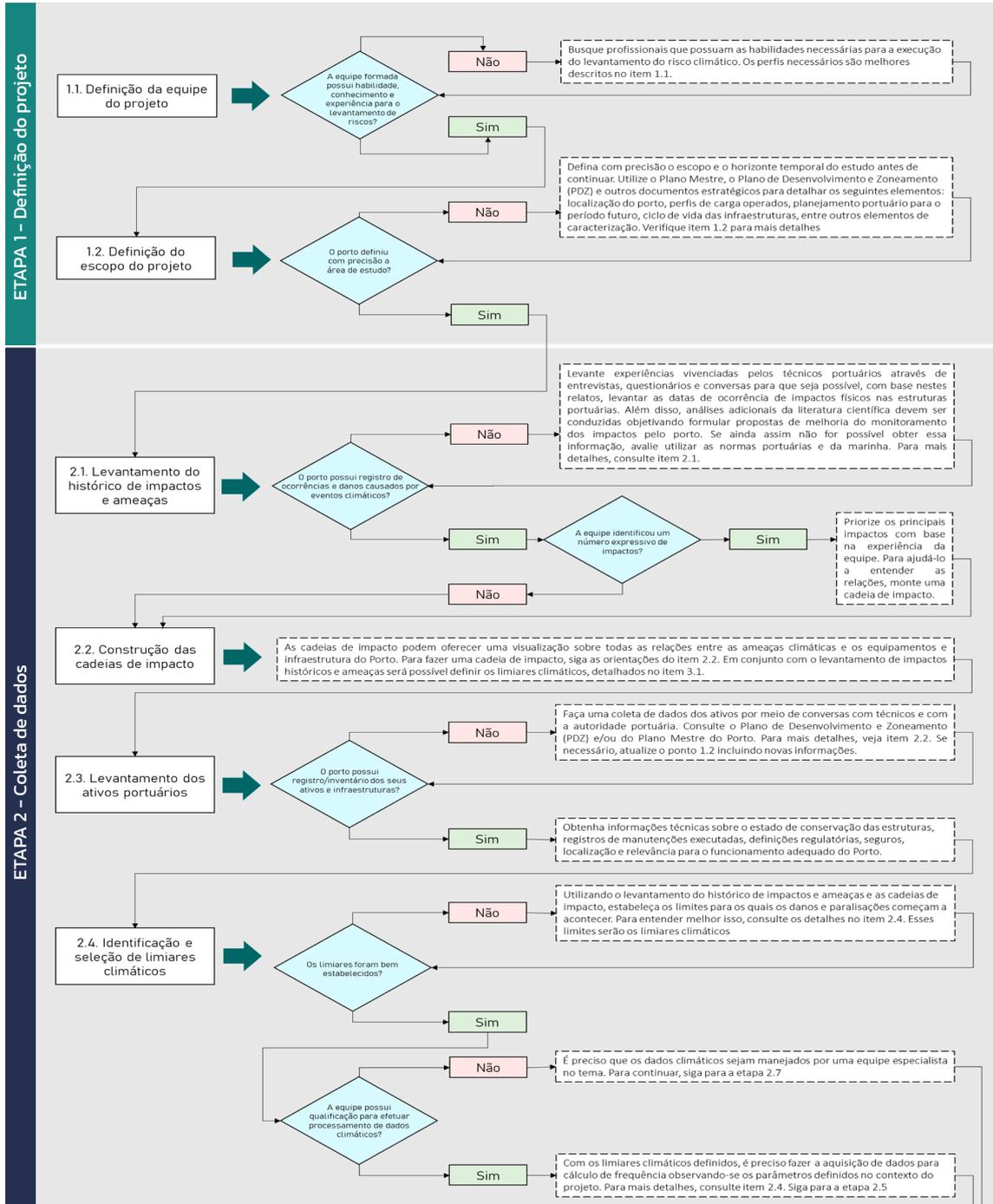


Figura 1 (Continuação): Etapas para realização de um Levantamento de Risco Climático

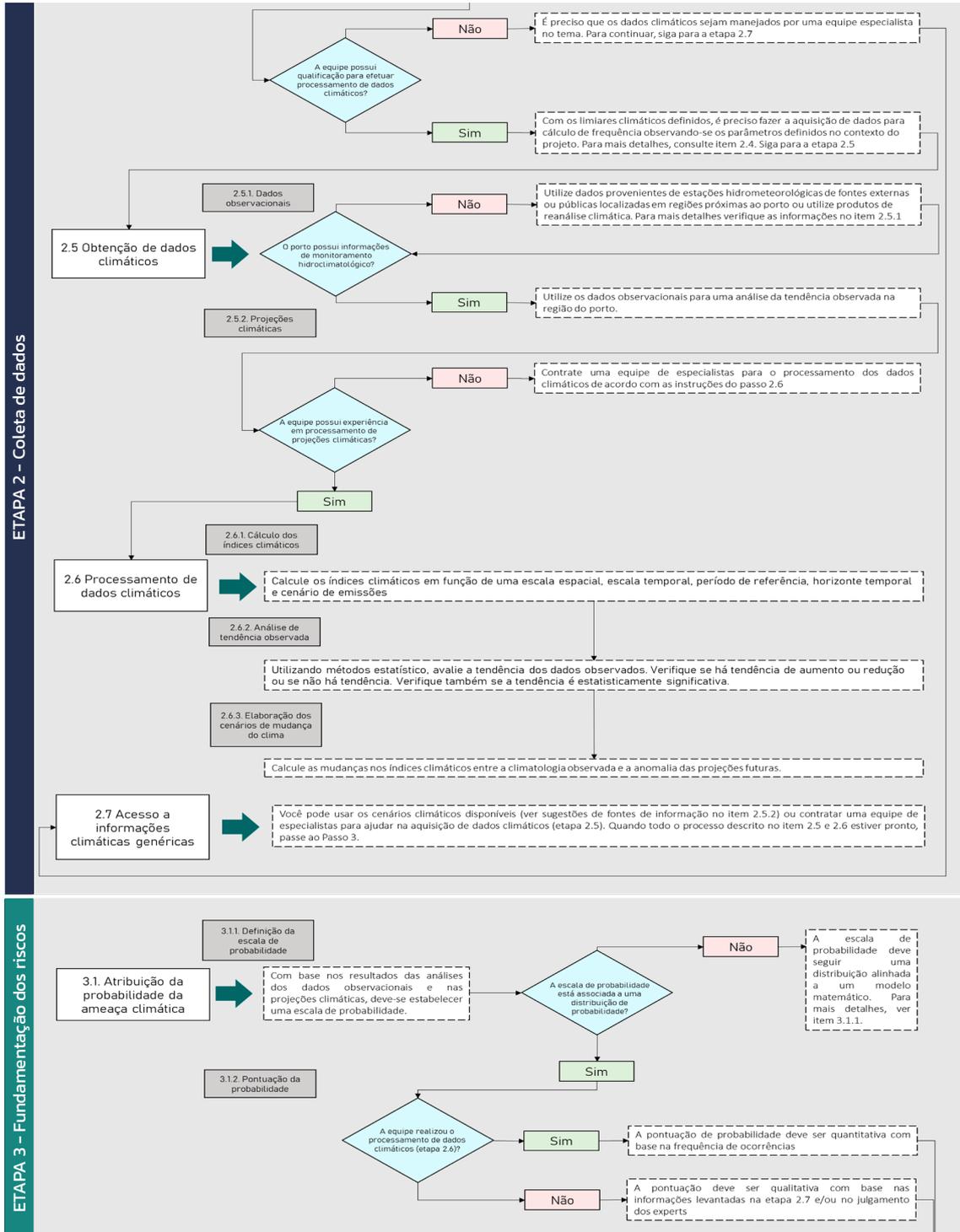
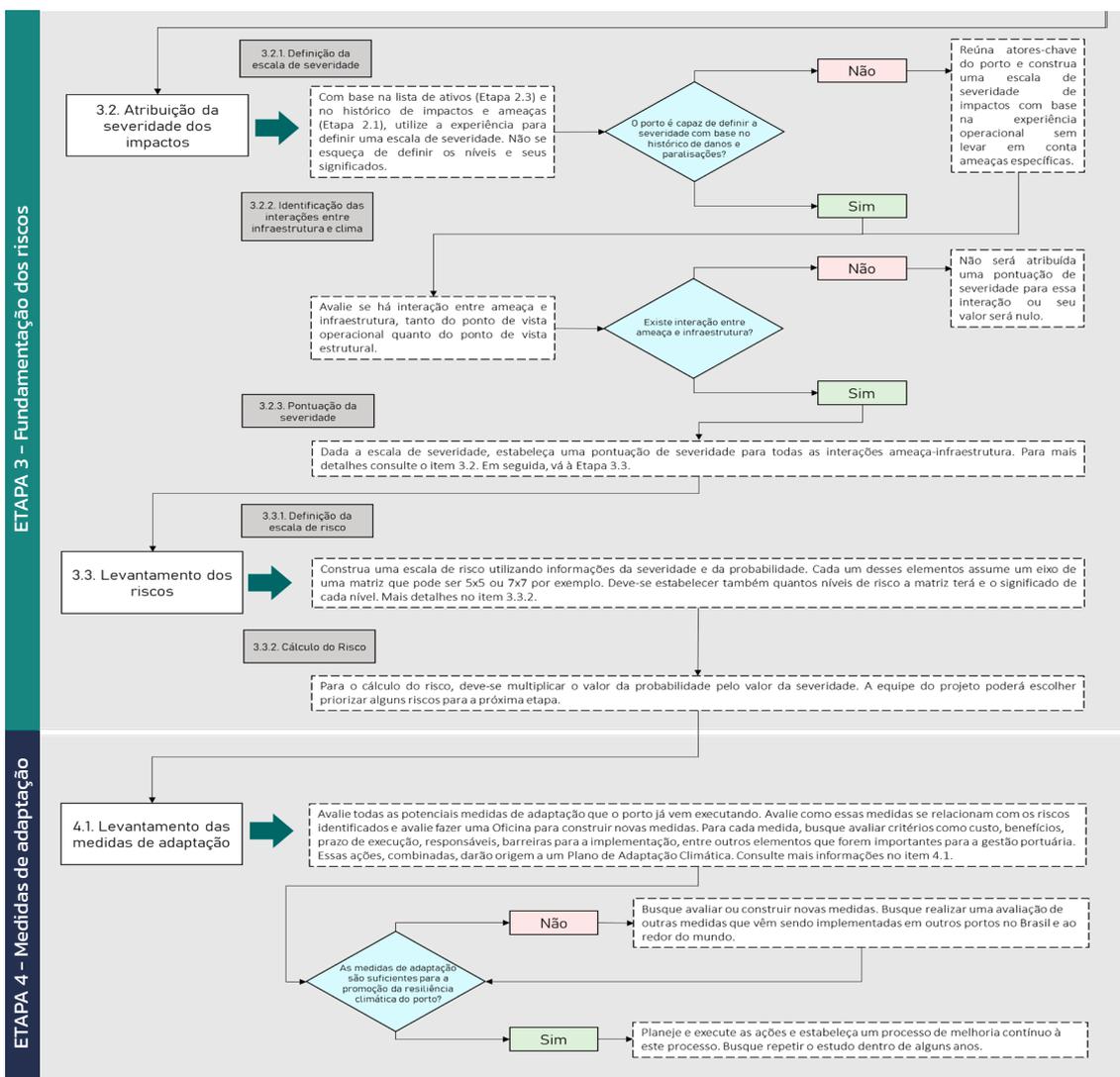


Figura 1 (Continuação): Etapas para realização de um Levantamento de Risco Climático



A avaliação de risco pode ser feita de forma interna pelo porto ou pode ser contratada, desde que todos os passos sejam seguidos, sendo permitida a adequação dos passos em função da base de dados disponível. O mais importante é que cada membro da equipe envolvida esteja engajado na avaliação, oferecendo perspectivas através de uma participação efetiva.

Caso o estudo seja contratado, os passos aqui descritos devem servir como orientações para a elaboração do Termo de Referência, considerando-se a necessidade de incluir nos orçamentos recursos para aquisição e processamento de dados e custos de oficinas de trabalho.

Etapas para a realização de um levantamento de risco climático em infraestruturas portuárias

ETAPA 1 :: Definição do Projeto

1.1 Definição da equipe do projeto

Neste primeiro momento, orienta-se que o porto a ser analisado estabeleça um grupo interno de trabalho competente para o desenvolvimento da Levantamento de risco Climático, a qual deve ser composta por um coordenador geral do estudo e uma equipe interdisciplinar cujas experiências e competências estejam ligadas aos tópicos de relevância para este estudo, tais como: Mudanças Climáticas, Geotecnologias, Levantamento de risco, Gerenciamento de Projetos e Modelagem Climática e Ambiental. A equipe deve contar com profissionais que possuam conhecimentos relacionados a seguir:

- 1) Conhecimento em levantamento de riscos climáticos;
- 2) Conhecimento de engenharia relevante para o tipo de infraestrutura operada;
- 3) Competências/conhecimentos relevantes para a região, incluindo: conhecimento profundo de meteorologia, climatologia e ciências relacionadas. Conhecimento do sistema climático da Terra e sua interação com os ambientes naturais e construídos, conhecimento de modelos de mudança do clima, seus impactos potenciais e possíveis medidas de adaptação;
- 4) Experiência de trabalho com dados hidrometeorográficos, incluindo dados de estações de monitoramento e produtos derivados de satélite;
- 5) Conhecimento das características e aplicações da metodologia de coleta de dados ambientais;
- 6) Conhecimento de técnicas e softwares de inserção e manipulação de dados hidrometeorográficos;
- 7) Experiência operacional prática com as infraestruturas portuárias sob avaliação do estudo;
- 8) Experiência em gestão de infraestruturas portuárias; e
- 9) Conhecimento do histórico local, especialmente relacionado à natureza de eventos climáticos prévios, seu impacto geral na região e medidas de adaptação aplicáveis.

A composição da equipe tem influência significativa no levantamento de risco, portanto, busque por profissionais que tenham conhecimento local e que possam compensar as lacunas de dados a partir de um parecer profissional.

De acordo com as recomendações do Protocolo de Engenharia PIEVC, o parecer profissional deve ser entendido como conclusões que são limitadas pelo escopo da experiência, combinação de habilidades, treinamento, competências e habilidades de toda a equipe de avaliação. O parecer profissional se dá por meio da interpretação e síntese de dados, fatos e observações.

Adicionalmente, é importante o mapeamento de atores-chave que podem auxiliar no desenvolvimento do estudo. Eles podem fornecer ou validar uma série de informações ao longo do trabalho e, portanto, devem ser envolvidos nas principais reuniões e nas oficinas de trabalho. Em geral, os atores-chave são arrendatários, Praticagem, Autoridade Portuária, Marinha e especialistas externos.

1.2 Definição do escopo do projeto

Após a definição da equipe técnica responsável pela condução do levantamento de risco, os profissionais envolvidos devem caracterizar a área de estudo de forma a descrever toda a zona portuária em análise, considerando a complexidade climática da região e as instalações portuárias existentes. Para isso, os limites da área de estudo devem ser previamente estabelecidos, visto que quanto mais bem delimitada a área, maior o nível de detalhamento e relevância dos resultados obtidos no estudo. Os principais elementos a serem apresentados devem incluir:

- A localização do porto;
- Os perfis de carga operados;
- O planejamento portuário para o período futuro (p. ex.: Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto); e
- O ciclo de vida das infraestruturas.
- Tipo de impacto a ser analisado (operacional e estrutural).
- Horizonte temporal de interesse no planejamento (p.ex., 30 anos)

Lições Aprendidas

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 já que são úteis para conhecer mais sobre a realidade do porto, ganhar a confiança da equipe técnica do porto e estabelecer um compromisso entre as partes.

ETAPA 2 :: Coleta de Dados

2.1 Levantamento do histórico de impactos e ameaças

A coleta das informações relacionadas aos impactos causados por eventos climáticos extremos na infraestrutura e operação dos portos é uma das etapas mais importantes na condução de um levantamento de risco climático. Entretanto, muitos portos brasileiros não possuem uma base de dados que permite identificar as causas climáticas dos impactos. Nesses casos, a equipe técnica deve levantar experiências vivenciadas pelos técnicos portuários por meio de entrevistas, questionários e conversas para que seja possível, por exemplo, levantar as datas de ocorrência de impactos físicos nas estruturas portuárias.

Segundo o Protocolo de Engenharia PIEVC (ENGINEERS CANADA, 2016), a equipe pode preencher os dados faltantes baseada em pressupostos profissionais razoáveis ou dados aplicáveis a outras fontes. Tenha sempre em mente que a falta de dados de entrada não deve impedir os profissionais de produzir pareceres e recomendações.

Lições Aprendidas

Em caso de ausência de dados que associem danos estruturais e operacionais a eventos climáticos nos portos brasileiros, essas informações podem ser obtidas através de entrevistas com os técnicos portuários, clipping em notícias de veiculação pública e documentos internos.

Idealmente, a base de dados dos impactos sofridos pelo porto analisado deve conter a data do impacto e a sua natureza (se estrutural ou operacional), a causa climática (ex: chuva de 20 mm ou vento de 20 m/s), o equipamento ou infraestrutura afetada, o período de paralisação desse equipamento ou infraestrutura e o custo financeiro associado.

Dica

Nesta etapa, a equipe de projeto pode identificar uma lacuna de dados e formular uma recomendação para trabalhos adicionais fora do contexto da avaliação de risco.

Um exemplo de sistematização das informações pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1: Exemplo de sistematização do monitoramento de impactos e suas causas no Pier do Terminal do Porto de Aratu

ID	Data	Hora Início	Hora Término	Tipo de Dano	Evento Climático	Descrição do Dano
1	10/01/2021	14:15	17:16	Operacional	Chuva	Interrupção de Tráfego no Canal Aratu - Acesso à Acosta
2	15/01/2021	15:30	18:30	Operacional	Chuva Torrencial	Interrupção do Canal de Cotegipe - Causa Perda Operacional ao Canal Aratu-Cotegipe
3	21/01/2021	11:15	12:16	Operacional	Ressaca	Interrupção do Canal de Cotegipe - Paralisa o Canal Aratu-Cotegipe
4	21/01/2021	13:28	14:29	Operacional	Ventos Críticos (Rajadas)	Interrupção do Canal de Cotegipe - Causa Perda Operacional ao Canal Aratu-Cotegipe
5	05/02/2021	18:43	19:59	Estrutural	Maré Alta	Rompimento ancoragem das bóias/balizamento
6	15/02/2021	19:15	22:30	Estrutural	Maré Alta	Desconformação geométrica (Planimetria)
7	15/02/2021	22:00	23:51	Estrutural	Maré Alta	Redução da vida útil das estruturas sem perda funcional
8	17/02/2021	11:07	0:16	Operacional	Chuva	Interrupção das manobras das embarcações
9	18/02/2021	3:15	4:01	Operacional	Chuva	Interrupção das manobras das embarcações
10	25/02/2021	14:02	14:16	Estrutural	Maré Alta	Dano funcional a faroletes
11	05/03/2021	0:15	3:16	Operacional	Neblina	Interrupção do tráfego no Canal Aratu - Acesso à ancoragem
12	05/03/2021	2:10	4:16	Operacional	Chuva	Interrupção do tráfego no Canal Aratu- Acesso à ancoragem
13	07/03/2021	6:00	10:13	Operacional	Neblina	Não permissão de saída no Fundeadouro
14	08/03/2021	5:10	8:02	Operacional	Neblina	Interrupção do tráfego no Canal Aratu - Acesso à ancoragem
15	09/03/2021	5:48	7:40	Operacional	Neblina	Interrupção do tráfego no Canal Aratu - Acesso à ancoragem
16	25/03/2021	17:43	17:50	Operacional	Chuva	Interrupção do tráfego no Canal Aratu - Acesso à ancoragem
17	14/04/2021	5:50	9:10	Operacional	Neblina	Não permissão de saída no Fundeadouro
18	14/04/2021	5:13	9:01	Operacional	Neblina	Interrupção do Canal de Cotegipe - Causa Perda Operacional ao Canal Aratu-Cotegipe
19	15/04/2021	4:14	8:13	Operacional	Neblina	Interrupção do Canal de Cotegipe - Causa Perda Operacional ao Canal Aratu-Cotegipe
20	21/04/2021	18:14	18:51	Operacional	Ventos Críticos (Rajadas)	Interrupção do Canal de Cotegipe - Causa Perda Operacional ao Canal Aratu-Cotegipe

Dica

É essencial, mesmo após o estudo, continuar a coletar dados relacionados aos impactos, de forma a monitorar os efeitos do clima. Defina um procedimento de registro a ser seguido em toda paralisação ou dano físico motivado por uma intempérie climática. Uma simples planilha no formato Excel pode ser utilizada e garantirá que novos estudos possam ter maior confiabilidade.

2.2 Construção das cadeias de impacto

Para entender melhor os impactos de eventos climáticos, a equipe técnica responsável pela condução do levantamento de risco deve construir uma cadeia de impacto, ou cadeia de causa-efeito, que contenha dados das ameaças, exposição, impactos, vulnerabilidades e riscos de eventos climáticos no porto.

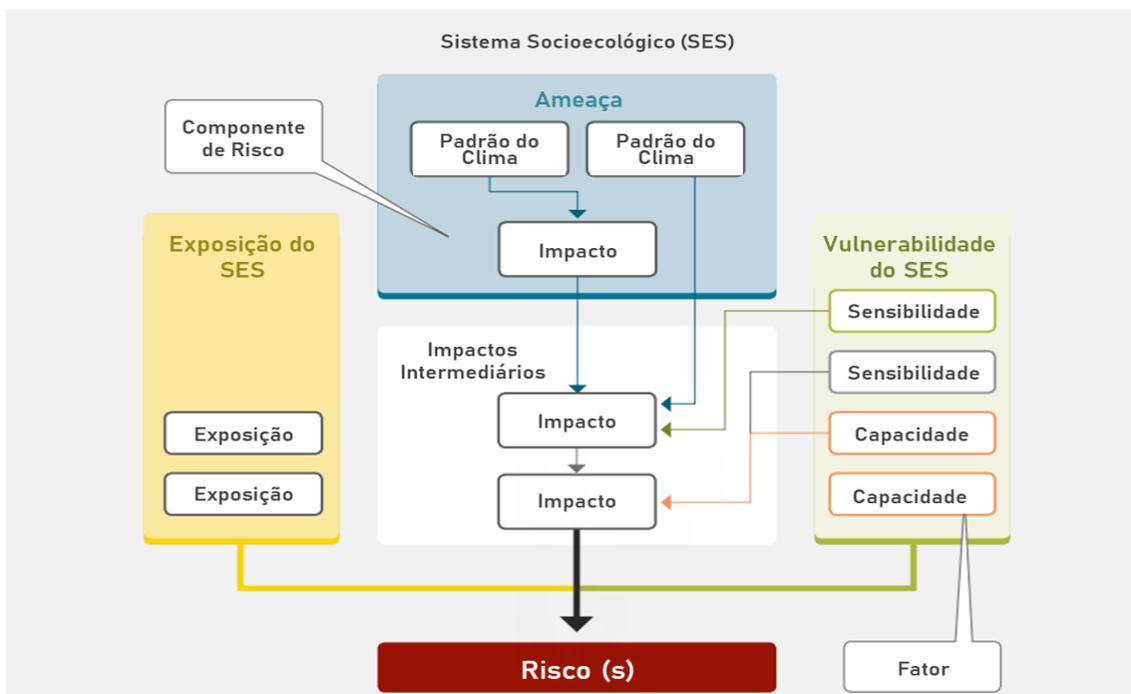
Construir uma cadeia de impacto é essencial para que as interações entre infraestruturas e ameaças climáticas estejam bem delineadas. Essa etapa pode auxiliar o porto a priorizar os impactos que serão avaliados ou defini-los com clareza caso a etapa anterior não tenha encontrado muitas informações.

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). 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 2.

Lições Aprendidas

Um dos primeiros passos do estudo deve ser a construção das cadeias de impacto, facilitando a compreensão das interações durante a análise de severidade e risco climáticos. A cadeia de impacto ajudará a equipe a definir o grau de severidade dos impactos, etapa que será evidenciada mais à frente.

Figura 2: Elementos de uma cadeia de impacto (Fonte: GIZ, EURAC & UNU-EHS, 2018)



2.3 Levantamento dos ativos portuários

O levantamento dos ativos portuários deve ser realizado por meio de conversas com técnicos (inclusive de terminais e da Praticagem) e com a Autoridade Portuária. A maior parte das informações também pode ser obtida do Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ) e do Plano Mestre do porto em estudo. Entretanto, é importante realizar uma visita técnica para se ter uma visão mais abrangente das áreas avaliadas.

O levantamento das informações deve incluir um inventário de infraestruturas importantes para a operação do porto ou daquelas susceptíveis aos impactos adversos do clima. Uma vez selecionadas, os especialistas devem obter informações técnicas sobre o estado de conservação das estruturas, registros de manutenções executadas, definições regulatórias, seguros, localização e relevância para o funcionamento adequado do porto.

Esses dados deverão ser mais bem explorados no momento da construção da cadeia de impacto e na avaliação da severidade.

Lições Aprendidas

Uma visita técnica no início do trabalho pode: (i) promover uma visão abrangente sobre os processos do porto; (ii) ajudar na identificação de atores-chave; (iii) conhecer as infraestruturas, especialmente aquelas que sofrem ou já sofreram impacto e (iv) identificar os operadores de diferentes perfis de carga.

2.4 Identificação e seleção de limiares climáticos

Para a identificação dos limiares climáticos, é esperado que as principais ameaças climáticas que acometem as infraestruturas portuárias já tenham sido levantadas nas etapas anteriores. As ameaças devem ser selecionadas pela equipe envolvida no estudo a partir do histórico de impactos, das entrevistas com técnicos do porto e a partir da construção das cadeias de impacto. Ao longo dessa avaliação, os profissionais deverão selecionar as ameaças climáticas com maior potencial para causar danos estruturais e operacionais no porto.

Dica

A análise de normas e legislações relacionadas aos portos pode ajudar a identificar os limiares climáticos, principalmente em portos que não dispõem de dados registrados de danos à infraestrutura ocasionados por ameaças climáticas. Algumas normas são exemplificadas abaixo:

- Normas e Procedimentos das Capitânicas dos Portos (NPCP)
- Normas Regulamentadoras (NRs 11, 12, 18, 30, 34 e 35)
- Normas Brasileiras (NBRs 8400, 9782 e 13129)
- Diretrizes de manutenção de infraestruturas do porto
- Códigos de prática do porto
- Literatura da prática de engenharia/projeto

A definição dos limiares deve abranger o limite inferior (menor valor) que implicaria em danos à infraestrutura e operacionais. Aqui, a equipe técnica deve definir as variáveis (ex., chuva, temperatura, vento, altura da maré, altura de ondas) e os limiares que causa danos e prejuízos (ex., chuva acima de 50 mm). A definição dos limiares é importante para se estimar a frequência das ameaças climáticas, a qual servirá de base para a definição das escalas e das pontuações de probabilidade de ocorrência de eventos climáticos extremos.

Alguns exemplos de valores de limiares da infraestrutura podem ser vistos na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Exemplo de valores de limiares da infraestrutura

Impacto	Limiar
Paralisações na operação de navios devido a ventos	Número de dias com ventos acima de 30 nós
Paralisações nas operações do berço devido a chuvas intensas	Número de dias com chuvas acima de 25 milímetros
Danos estruturais aos equipamentos de içamento devido a ventos fortes	Número de dias com ventos acima de 40 nós
Paralisações na operação de armazéns devido a temperaturas extremas	Número de dias com temperatura acima de 35 °C

Na sequência, deverão ser utilizados dados hidrometeorológicos observacionais e de projeção para avaliar o número de dias em que os limiares são ultrapassados.

2.5 Obtenção de dados hidrometeoceanográficos

2.5.1 Dados observacionais

O histórico climático, hidrológico e oceanográfico da região de estudo deve ser obtido, em ordem de prioridade, de estações hidrometeoceanográficas operadas pelo próprio porto ou por parceiros, de diversos órgãos nacionais, estaduais e municipais (ANA, INMET e serviços hidrometeorológicos estaduais), de produtos de sensoriamento remoto e dados de reanálise. É importante destacar que a coleta de dados deve priorizar, preferencialmente, a obtenção de dados de fontes oficiais na escala local. Caso haja uma lacuna de dados, o porto deve utilizar dados provenientes de estações hidrometeoceanográficas de fontes externas (aeroportos, defesa civil, dentre outras) localizadas em regiões próximas ao porto para que elas sejam representativas daquela região a ser estudada. Devem ser estudados os comportamentos de variáveis como: Nível do mar (m), Precipitação total (mm), Temperatura máxima (°C), Velocidade do vento (m/s).

Na falta de dados ou falhas nas séries temporais que impeçam análises estatísticas da climatologia (média de 30 anos) e análise de tendência, pode-se usar dados de produtos de clima derivados de sensoriamento remoto como o Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) e Climatic Research Unit (CRU) e dados de reanálise do European ReAnalysis 5 (ERA5), da plataforma Making Earth System Data Records for Use in Research Environments (MEaSUREs) da NASA, entre outros.

Os dados de estações hidrometeoceanográficas são brutos e exigem o tratamento de outliers e a aplicação de testes de homogeneidade. Tudo isso precisa ser feito por um especialista em climatologia. Para evitar esse trabalho, uma alternativa é usar produtos de clima (satélite + estação meteorológica).

A Tabela 3 sintetiza exemplos de dados que podem ser úteis em um estudo de levantamento de risco climático e suas respectivas fontes.

Tabela 3: Base de dados úteis para uma levantamento de risco

Tipos de dados	Fonte	Link
Dados de estações hidrometeoceanográficas	INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) (p. ex.: BDMEP)	https://bdmep.inmet.gov.br
	ANA (Agência Nacional de Águas) (p. ex.: HIDROWEB)	https://www.snirh.gov.br/hidroweb
	CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres NaXturais)	http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo
Produtos de clima e reanálise	Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS)	https://chc.ucsb.edu/data/chirps
	Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation (MSWEP)	http://www.gloh2o.org/mswep/
	Climatic Research Unit (CRU)	https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg
	European ReAnalysis 5 (ERA5)	https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5
	Making Earth System Data Records for Use in Research Environments (MEaSUREs)	https://climatesciences.jpl.nasa.gov/projects/measures

2.5.2 Projeções climáticas

Para estimar o clima futuro, deve-se utilizar dados de projeções de modelos de clima. Para isso, sugere-se utilizar dados hidrometeorológicos advindos de um número máximo possível de modelos que possam ser adotados seguindo a abordagem de multimodelos recomendada pelo IPCC. Como a avaliação deve focar na região do porto, é importante considerar a redução da escala (downscaling) dos modelos de clima globais, que em geral possuem uma resolução espacial de 100x100km.

Idealmente deve-se usar projeções na escala regional (downscaling) 100x100 km. No entanto, os dados disponíveis são, por enquanto, com base em modelos de clima mais antigos (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5- CMIP5) e apenas um número limitado de projeções está disponível para uso (ver CORDEX South America, acessível por meio do site <http://esgf-node.llnl.gov>). Dessa forma, a escolha entre usar projeção regional ou global pode ser feita com base nas características fisiográficas da região, principalmente o relevo no entorno. Se o porto estiver em uma área relativamente plana, então recomenda-se usar dados dos modelos globais do Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6). Caso contrário, recomenda-se usar dados regionalizados. As principais fontes de dados de projeções climáticas são apresentadas na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4: Fontes de dados de projeções climáticas

Escala espacial	Fonte	Link
Global	World Bank	https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/brazil/climate-data-projections
	IPCC	https://interactive-atlas.ipcc.ch/regional-information
Regional	NASA	https://www.nccs.nasa.gov/services/data-collections/land-based-products/nex-gd-dp-cmip6
	CORDEX South America	http://esgf-node.llnl.gov ou https://cordex.org/data-access/esgf

2.6 Processamento de dados climáticos

2.6.1 Cálculo de índices climáticos

Para a customização e processamento das informações climáticas é importante considerar os seguintes critérios: escala espacial, escala temporal, período de referência, horizonte temporal, cenários de emissões e regras para estimar o nível de concordância. A Tabela 5 traz um exemplo aplicado ao porto de Santos.

Tabela 5: Exemplo das informações utilizadas para definir os critérios da customização climática para o Porto de Santos.

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	Baseia-se nos marcos temporais da legislação de modernização dos portos, neste caso, o período subsequente à Lei dos Portos .
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: Cenário intermediário de emissões de GEE; SSP5-8.5: Desenvolvimento baseado no uso de combustíveis fósseis.	O cenário SSP2-4.5 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. Esses cenários estão em linha com os trabalhos e escolhas do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – PNA.
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.

O período de referência deve ser de no mínimo 20 anos. Para defini-lo, em geral, deve-se utilizar o levantamento dos dados hidrometeorológicos e oceanográficos, como já foi descrito anteriormente. A equipe também pode considerar outros elementos para definir esse período, como as normas de construção do porto, ano em que as infraestruturas foram construídas, entre outros elementos.

¹A Lei 8.630/1993, chamada de Lei dos Portos, dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências. Foi revogada pela Lei 12.815/2013.

Já as projeções são realizadas para distintos cenários de emissões de gases do efeito estufa. Até o momento, a versão mais recente de cenários é denominada de *Shared Socioeconomic Pathways (SSP)*, porém ainda é comum encontrar o *Representative Concentration Pathway (RCP)* em relatórios e estudos. O SSP possui 5 classes, ou caminhos socioeconômicos, que representam diferentes níveis de emissão e, conseqüentemente, de aquecimento. A maioria dos estudos utiliza o SSP2-4.5 e do SSP5-8.5. A escolha desses cenários baseia-se no argumento de que o SSP2-4.5 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). Observa-se que, como o SSP tem relação muito próxima com o RCP, a nomenclatura, como “SSP2-4.5” tem o número “4.5” referente ao cenário RCP, neste caso RCP4.5.

Dica

A utilização de mais de um cenário de emissões pode permitir à equipe estimar as incertezas associadas, ou desenvolver medidas de adaptação adaptadas a cada cenário. No entanto, uma infraestrutura preparada para o cenário pessimista, certamente está preparado aos cenários mais otimistas.

O SSP1-1.9 está diretamente relacionado às metas do Acordo de Paris, mantendo a temperatura abaixo de 2°C. Já o SSP1-2.6 também apresenta redução das emissões, mas numa velocidade menos rápida que o cenário anterior. Os cenários SSP3-7 e SSP5-8.5 são os que mais se adequam ao caminho socioeconômico atual, mas são considerados pessimistas. Outra opção é o uso do cenário intermediário SSP2-4.5. A Tabela 6 apresenta uma síntese dos cenários climáticos.

Tabela 6: Síntese dos cenários de emissão

Cenário (SSP-RCP)	Cenário Socioeconômico	Aquecimento (2081-2100) (faixa provável)
1-1.9	Sustentabilidade: As emissões são reduzidas de forma rápida, sendo reduzidas a zero por volta de 2050.	1,4 °C (1,0 – 1,8 °C)
1-2.6	Sustentabilidade gradual: Emissões são reduzidas de forma lenta, chegando a zero por volta de 2075.	1,8 °C (1,3 – 2,4 °C)
2-4.5	Meio do Caminho: Emissões do nível atual até 2050, depois caindo, mas não atingindo emissões zero até 2100.	2,7 °C (2,1 – 3,5 °C)
3-7.0	Competição regional: Emissões dobram até 2100 fruto da concentração dos países em questões domésticas ou regionais	3,6 °C (2,8 – 4,6 °C)
5-8.5	Desenvolvimento movido a combustíveis fósseis: Intensa utilização de fontes fósseis, com emissões triplicando até 2075.	4,4 °C (3,3 – 5,7 °C)

Os cenários de mudança do clima possuem incertezas e é necessário estimá-las. Para isso é necessário considerar o maior número de modelos de clima possível. No entanto, usar apenas a média do conjunto de multimodelos pode esconder informações importantes (IPCC, 2022). Dessa forma, o recomendável é verificar o nível de concordância entre modelos quanto ao sinal de mudança da média e estipular uma proporção mínima de concordância (p.ex., 2/3 dos modelos). Para isso, a equipe deve ser capaz de realizar uma análise comparando-os com bases literárias, com os demais modelos utilizados e com as tendências observadas. Um exemplo de metodologia aplicável é a utilização de uma análise de critérios de assertividade por pontuação. A Tabela 7 demonstra exemplos de critérios, descrição de avaliações, suas pontuações e escalas de nível de confiança:

Tabela 7: Tabela resumo do nível de concordância

Critério	Avaliação	Pontuação
Concordância entre os modelos	Existe uma concordância de pelo menos 67% entre os modelos utilizados em relação às tendências projetadas?	Sim (1) Não (0)
Concordância dos modelos com as tendências observadas	Há concordância entre as tendências observadas e as tendências projetadas?	Sim (1) Não (0)
Literatura científica	As fontes da literatura apontam para as mesmas tendências?	Sim (1) Não (0)

Resultado da soma das pontuações: (0) Ausência de confiabilidade; (1) Confiabilidade baixa (2) Confiabilidade mediana; (3) Alta confiabilidade

2.6.2 Análise de tendência observada

As análises de tendência são úteis para identificar mudanças em curso e para verificar a robustez e confiabilidade dos cenários de mudança do clima através da comparação do sinal de mudança do clima observado com o sinal de mudança dos cenários futuros. As tendências climáticas históricas podem ser investigadas através do Teste de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975), método que avalia se uma série de dados possui uma tendência de alteração estatística significativa ao longo do tempo. Sugere-se que seja utilizado alfa ($\alpha = 0.05$) para todos os testes estatísticos incluídos no levantamento de risco, ou seja, 95% de confiabilidade. Esse método avalia se o aumento ou a redução na frequência dos indicadores climáticos escolhidos é significativo 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.

2.6.3 Elaboração dos cenários de mudança do clima

Para o cálculo dos cenários de mudança climática utiliza-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:

$$\Delta = SSP - HIST \text{ (Equação 1)}$$
$$\text{Cenário} = OBS + \Delta \text{ (Equação 2)}$$

SSP = a climatologia da variável de interesse derivada da rodada futura de um determinado modelo de clima;

HIST = climatologia da variável de interesse derivada da rodada histórica do mesmo modelo; e

OBS = a climatologia da variável de interesse usando dados observacionais.

Não se esqueça de definir um período de referência, que deve compreender entre 20 e 30 anos. Esse período de referência será considerado a normal climatológica. O cálculo da climatologia observada em geral é realizado com 30 anos de dados (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2011), no entanto, o uso de 20 anos é aceitável quando a intenção é estimar cenários de mudanças do clima (IPCC, 2021).

Lições Aprendidas

Em geral, os portos brasileiros não possuem sistemas de monitoramento climático com um amplo histórico temporal (>20 anos). É importante que durante a condução de um levantamento de risco, a equipe se atente a outras fontes de dados relevantes (Produtos de satélite CHIRPS e MSWEP, e a validação desses com as normais climatológicas do INMET para verificação de consistência).

2.7. Acesso a informações climáticas genéricas

Caso sua equipe não detenha o conhecimento necessário para a aquisição e processamento de dados hidrometeoceanográficos, pode-se trabalhar com informações climáticas genéricas, como as apresentadas em plataformas como as exemplificadas na Tabela 8.

Tabela 8: Fonte de informações climáticas

Variáveis	Tipo	Fonte	Acesso
Hidrometeorológicas	Observações	INMET	https://bdmep.inmet.gov.br/
Nível do mar	Observações	NASA Sea Level	https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool
Nível do mar	Observações / Cenários	Climate Central	https://sealevel.climatecentral.org/maps
Hidrometeorológicas	Observações / Cenários	Atlas IPCC	https://interactive-atlas.ipcc.ch/regional-information
Hidrometeorológicas	Observações / Cenários	Climate Change Knowledge Portal	https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/brazil/climate-data-projections
Hidrometeorológicas	Cenários	Portal Projeções - INPE	http://pclima.inpe.br

Essas plataformas possuem informações climáticas mais gerais que ajudam a direcionar o estudo. No entanto, podem ter menos precisão e trazer incertezas ao estudo. Para evitar isso, avalie a possibilidade de consultar ou contratar um(a) profissional especialista em clima para apoiar na interpretação das informações e nas Etapas 2.5 e 2.6.

ETAPA 3 :: Fundamentação dos Riscos

3.1. Atribuição da probabilidade da ameaça climática

Esta etapa deve atribuir a probabilidade de ocorrência dos eventos climáticos de impacto negativo às operações e infraestruturas portuárias. A partir dos limiares críticos levantados nas etapas anteriores, é necessário que a equipe técnica determine a probabilidade de eventos climáticos ocorrerem tanto para o cenário atual, considerando os dados observados, quanto para cenários futuros, considerando as projeções climáticas. Dessa forma, a probabilidade é uma função da frequência.

Para estimar a probabilidade, calcula-se inicialmente o percentual de eventos ou a frequência de eventos em um determinado período, conforme a Equação 3.

$$P = \frac{N}{A} \times 100\%$$

(Equação 3)

P = Probabilidade estimada (%);

N = Número de de ocorrências de uma ameaça no período (1 ano, 2 anos... 10 anos... 30 anos...); e

A = Número de anos da amostra.

A Tabela 9 traz um exemplo de resultado dessa avaliação.

Percebe-se na primeira coluna as ameaças escolhidas e na segunda, o índice climático que a representa. Em seguida, pode ser visto o resultado no baseline ou no período de referência histórico. Verifica-se a média de número de dias por ano em que o índice foi ultrapassado. A partir da avaliação de todo o período histórico, neste caso, 1981-2020, aplicando-se testes estatísticos, pode-se verificar a tendência do índice e se essa tendência é estatisticamente significativa. Depois, são apresentados os resultados da média de número de dias em que o índice é superado para os diferentes cenários.

Em seguida, nota-se uma coluna de “% de Concordância”, que significa o percentual de alinhamento entre todos os modelos avaliados. Esses valores combinados a uma escala de probabilidade, cujos detalhes de montagem são vistos mais a frente, resultam na pontuação de probabilidade.

Ressalta-se que para a definição da probabilidade futura, deve-se utilizar como base os valores da frequência de eventos climáticos no período de referência ou a linha de base somados às anomalias encontradas na avaliação do clima futuro.

Dica

Por ser uma construção baseada em dados, aqui faz-se necessário realizar uma validação dos resultados com os técnicos do porto. Essa validação pode ser feita através de uma oficina de trabalho, na qual os participantes devem avaliar a razoabilidade das informações. Nessa oficina é possível combinar a experiência e expertise dos técnicos com a base de dados previamente estabelecida, permitindo identificar inconsistências e produzir uma estimativa realista da probabilidade de ocorrência de eventos meteorológicos e das tendências climáticas.

É importante ressaltar que, devido à resolução espacial dos dados, os indicadores utilizados podem não representar exatamente os valores observados na escala local e, por isso, devem ser interpretados com cautela. Isso se dá pelo fato de os dados de clima estarem em uma resolução espacial grosseira (p.ex., 100x100 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 em maior resolução.

Tabela 9: Exemplo das condições climáticas observadas e dos cenários futuros no Porto de Santos

Ameaça	Índice	Baseline (1981 – 2020)			Cenário (2021–2040)				Cenário (2041–2060)				Cenário (2081–2100)			
		Valor	Unidade	Tendências Observadas (1981 – 2020)	SSP2		SSP5		SSP2		SSP5		SSP2		SSP5	
					Média	% Concor- dância	Média	% Concor- dância	Média	% Concor- dância	Média	% Concor- dância	Média	% Concor- dância	Média	% Concor- dância
Vento Fraco (3 m/s)	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 Moderado (7 m/s)	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 (10 m/s)	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 Persistente (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

● 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

3.1.1. Definição da escala de probabilidade

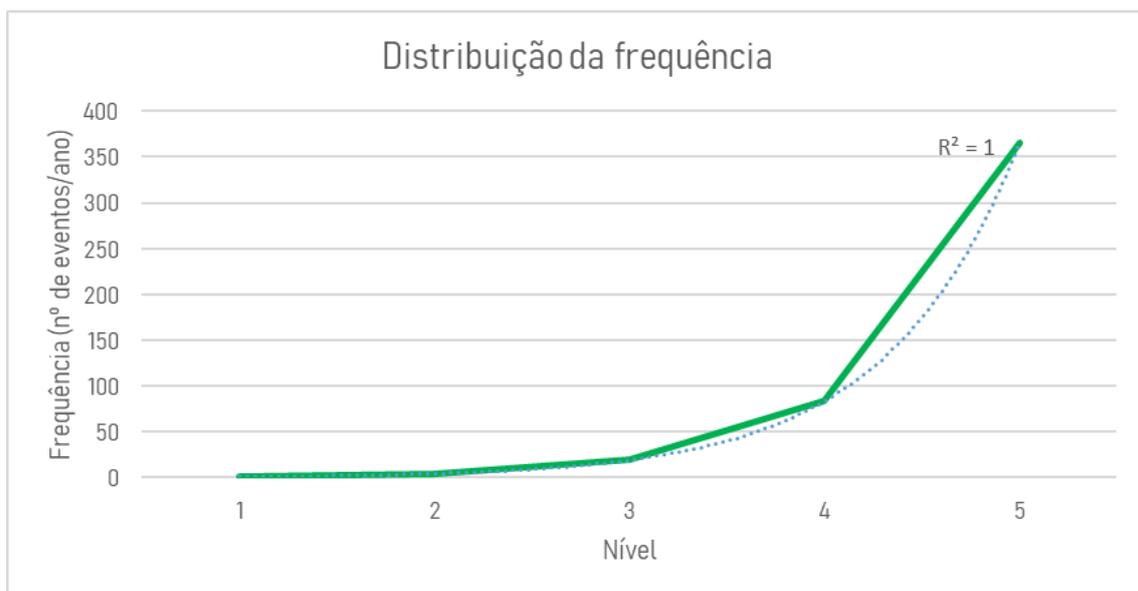
Em seguida, deve-se definir a escala de probabilidade em intervalos (em geral, entre 5 ou 7 intervalos). A escala pode, por exemplo, ser classificada como: 1 (Quase nunca); 2 (Raramente); 3 (Ocasionalmente); 4 (Frequentemente); 5 (Muito Frequentemente). A nomenclatura das diferentes classes deve considerar as definições da equipe técnica e ainda as particularidades do porto e dos resultados. A categorização dos intervalos deve ser validada pelos agentes portuários durante reuniões. Nessa parte é importante definir termos claros, que não abram brecha à ambiguidade.

É importante também que a divisão da escala de probabilidade seja replicável. Pode-se classificar a frequência a partir de uma distribuição normal, exponencial, logarítmica, intervalos iguais, quartis, ou de forma arbitrária. Nos estudos dos portos de Santos, Aratu e Rio Grande, utilizou-se uma escala exponencial, como ilustrado na Tabela 10 e na representação gráfica da Figura 3.

Tabela 10: Exemplo de Escala de Probabilidade

Nível	Descrição	Frequência (Nº de Eventos/Ano)	
1	Quase nunca	<1	
2	Raramente	1	4
3	Ocasionalmente	5	19
4	Frequentemente	20	84
5	Muito Frequentemente	85	365

Figura 3: Representação da distribuição da frequência



Para deixar claro, no exemplo, a escala exponencial obedeceu à seguinte expressão matemática (Equação 4):

$$A = (\log_{10} 365) / N$$

(Equação 4)

A = Amplitude

N = Número de classes

Lições Aprendidas

A estimativa das incertezas através da abordagem de multimodelos e, posteriormente, do nível de confiabilidade das informações climáticas, baseado em critérios específicos (como os da Tabela 6), auxilia na identificação de ameaças que são mais prováveis de acontecer (menor incerteza) e, conseqüentemente, na priorização de medidas de adaptação

3.1.2. Pontuação da probabilidade

Com base nos resultados do processamento de dados hidrometeorológicos, cujos detalhes foram evidenciados na etapa 2.5, e na escala de probabilidade, deve-se atribuir uma pontuação de probabilidade. Considerando-se a escala da Tabela 10 e os resultados da Tabela 9, a classificação é exemplificada na Tabela 11.

Tabela 11: Exemplo de classificação de probabilidade de ocorrência das ameaças climáticas para o Porto de Santos

Ameaça	Índice	Linha de Base (1981-2000)	ANOMALIA (SSP vs HIST 1981-2000)					
			2021-2040		2041-2060		2081-2100	
		SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	SSP2	SSP5	
		Nível		Nível				
Vento Fraco (3 m/s)	W3ms	4	4	4	4	4	4	4
Vento Moderado (7 m/s)	W7ms	1	2	3	2	3	2	3
Vento Forte (10 m/s)	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

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

3.2. Atribuição da severidade

3.2.1 Definição da escala de severidade

A **severidade** é a **consequência** de um determinado evento climático para uma estrutura ou operação. Para a definição de uma escala de severidade, idealmente deve-se utilizar o histórico de danos registrados pelo porto. Entretanto, muitas vezes estes dados não estão disponíveis ou não foram sistematizados ao longo do tempo. Nesses casos, portanto, a escala de severidade deve ser implementada por meio de parecer técnico profissional guiado por entrevistas ou consultas com atores-chaves do porto, incluindo equipes de diferentes setores, que possam apontar a severidade dos impactos nas infraestruturas de sua competência.

Opcionalmente, caso necessário, indica-se também o desenvolvimento de uma escala de severidade por meio de dados, referências bibliográficas e expertise dos consultores, que, depois de finalizada, deverá ser validada e refinada com a equipe do porto em uma oficina de trabalho ou reunião.

Algumas interações entre infraestruturas e ameaças podem gerar debates significativos entre os membros da equipe e entre os atores-chave. O papel do condutor do estudo é ouvir e considerar todas as informações sob um ponto de vista crítico e pragmático, considerando os objetivos do trabalho.

Dica

A escala de severidade deve ser acordada entre a equipe. Isso pode ser feito, por exemplo, através de uma oficina de trabalho. A escala de severidade deve ser definida independentemente do tipo de ameaça climática, ou seja, a severidade “grave” pode ser devido tanto a uma chuva forte quanto a um vento forte.

Lições Aprendidas

Use uma classificação de severidade pronta (por exemplo a da Tabela 12) como ponto de partida para fomentar a discussão. Avance em uma proposta a partir da expertise de especialistas e das informações colhidas ao longo do trabalho, especialmente dos operadores.

Com a escala de severidade construída, o porto deve apontar como cada infraestrutura deve ser afetada por cada uma das ameaças climáticas selecionadas. A escala de severidade deve envolver tanto as severidades estruturais quanto operacionais e deve abranger os diferentes equipamentos e infraestruturas portuárias. Além disso, o porto pode optar pela diferenciação das pontuações de severidade a partir do perfil de carga operado por seus terminais. Na sequência, os dados devem ser validados com os diversos atores-chave do porto em uma reunião de apresentação dos resultados preliminares do estudo. Essa reunião auxilia na construção dos produtos mais compatíveis com a realidade do porto.

A Tabela 12 traz um exemplo de escala de severidade estrutural para alguns tipos de carga.

Tabela 12: Exemplo de 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	<ul style="list-style-type: none"> Mais de 40% dos equipamentos de transferência entre recebimento terrestre (rodoviário, ferroviário, dutoviário) e armazéns apresentam paralisação inferior a 24 h. 	<ul style="list-style-type: none"> Vistoria à rede dutoviária, filtros, registros, válvulas e piezômetros Vistoria a tanques de armazenagem Não há necessidade de intervenção de manutenção
2	Moderado	<ul style="list-style-type: none"> 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 esparso com baixo nível e alto tempo de escoamento (túneis, balanças e elevadores). 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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). 	<ul style="list-style-type: none"> Erosão de encostas/taludes.
4	Severo	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Encostas/taludes instáveis com risco eminente de colapso.
5	Catastrófico	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Colapso de encostas, com danos aos tanques.

Dica

Assegure que a avaliação de probabilidade não afete a avaliação de severidade e vice-versa, pois a consequência de um evento é independente da sua probabilidade de ocorrência.

Lições Aprendidas

O grau de severidade pode ser feito por perfil de carga, mas essa decisão pode gerar complexidade ao estudo e elevar custos de análise. Essa escolha vai depender do contexto de tomada de decisão e das atribuições dos atores envolvidos. O levantamento de risco climático serve para levantar e priorizar medidas de adaptação, e isso pode ser feito para todo o complexo portuário, ou para determinados segmentos (p.ex., tipo de carga). Caso seja feita essa opção, a equipe do projeto deve mapear os atores-chave de terminais referentes a cada perfil de carga e manter contato próximo para obter informações relevantes ao estudo.

3.2.2. Identificação das interações entre infraestrutura e o clima

Com base nas trocas realizadas com os atores-chaves do porto durante a visita técnica, nos elementos destacados nas cadeias de impacto e na identificação e priorização das ameaças climáticas, construa uma tabela de relação entre danos nas infraestruturas de interesse e nas operações e ameaças climáticas, assim como exemplificado na Tabela 13.

Tabela 13: Exemplo de avaliação de interação entre danos e eventos climáticos

Evento Climático Crítico / Impacto	Dano Operacional			Dano Estrutural		
	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
Chuva	X	X	X	X		
Chuva Persistente			X	X		
Ventos Fraco						
Vento Moderado	X	X				
Vento Forte	X	X			X	X
Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar		X				

*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

Considerando as interações apresentadas na tabela acima, pode-se inferir, por exemplo, que o tráfego no canal pode ser interrompido por ventos fortes, enquanto a persistência de chuva não o afeta.

3.2.3. Pontuação da severidade

A partir da escala de severidade construída em conjunto com os representantes do porto e com base nos índices climáticos, deve ser realizada a classificação da severidade. Os valores da classificação devem ser acordados pela equipe com base em sua expertise e nas trocas feitas com o porto ao longo do trabalho. Em seguida, os resultados devem ser validados com atores-chave do porto. A classificação pode ser realizada com base em diferentes perfis de carga operada. A Tabela 14 apresenta um exemplo de resultado.

Tabela 14: Exemplo de classificação da severidade

NÍVEL DE SEVERIDADE ESTRUTURAL						
Infraestrutura	Chuva Forte	Chuva Persistente	Vento Forte	Vento Moderado	Vento Fraco	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar
	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

3.3. Levantamento dos riscos

3.3.1. Definição da escala de risco

O primeiro passo para a definição do risco é a construção de uma escala de risco. A escala deve levar em consideração uma matriz de risco, como a da Figura 4. Recomenda-se que a escala de severidade contenha 5 divisões e a escala de probabilidade também possua 5 divisões, totalizando uma matriz de risco terá 25 valores. Entretanto não existe objeção em usar número de escalas diferentes como 7 por 7 ou 9 por 9. A Figura 5 ilustra uma matriz de 5x5.

Lições Aprendidas

Cabe ao porto escolher a divisão das classes de risco. Entretanto, é importante a compreensão do significado dos riscos alto, médio e baixo para permitir tomadas de decisão adequadas. Por exemplo, risco alto pode traduzir uma ameaça iminente e requer ação corretiva, ao passo que risco médio pode exigir uma análise de engenharia adicional.

Figura 4: Exemplo de uma Matriz de Risco

Severidade	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	2	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Probabilidade				

Dica

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 o levantamento de risco possua 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 poderão ser maiores.

3.3.2. Cálculo do risco

O risco é produto da **probabilidade** de ocorrência de uma ameaça climática pela sua **severidade** em uma determinada estrutura. Os valores obtidos por meio desse cálculo servem para indicar quais são as interações (ameaça climática e infraestrutura) que apresentam maior ameaça ao porto e ajudam a definir como as ações devem ser priorizadas. A representação matemática pode ser vista na Equação 3.

$$R_{ij} = P_i \times S_{ij}$$

(Equação 5)

R = risco climático;
P = probabilidade de ocorrência de uma ameaça climática;
S = severidade com que a infraestrutura é afetada;
i = ameaça climática; e
j = infraestrutura.

A Tabela 15 apresenta um exemplo de matriz que pode ser utilizada para apresentar os resultados.

Lições Aprendidas

A composição da matriz de risco deve ser capaz de mostrar quais são as prioridades de riscos a serem consideradas pela gestão do porto.

Ao finalizar a construção da matriz de risco, por mais que os dados de probabilidade e severidade já tenham sido verificados com o porto, é necessário fazer uma nova validação dos resultados com a equipe técnica do porto para verificar se os resultados estão condizentes com a realidade local.

ETAPA 4 :: Medidas de adaptação

4.1. Levantamento das medidas de adaptação

Os passos anteriores serviram para identificar as estruturas e operações sob maior risco climático e, dessa forma, levantar e priorizar medidas de adaptação tendo em vista que os recursos disponíveis são 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 na gestão de risco do porto.

Para iniciar o processo de levantamento de possíveis medidas passíveis de serem implementadas no porto, é recomendado que a equipe do projeto realize uma oficina participativa com os técnicos portuários dos terminais, Autoridade Portuária, Praticagem e outros atores-chave para combinar diferentes conhecimentos, experiências e habilidades profissionais. Esse encontro deve ser capaz de levantar medidas e boas práticas para adaptação do porto à mudança do clima.

O encontro deve ser planejado considerando quatro etapas essenciais:

- i) Discussão dos resultados de risco;
- ii) Priorização de riscos;
- iii) Discussão dos resultados da priorização;
- iv) Levantamento de medidas de adaptação.

O levantamento deve incluir uma descrição das informações relacionadas a cada medida, bem como os critérios de seleção de medidas de adaptação (ver exemplo na tabela 16), tais como:

- Infraestrutura ou operação beneficiada;
- Ameaça climática;
- Nível de Risco;
- Tipo de medida (estrutural ou não-estrutural)
- Já planejada ou não;
- Custo;
- Benefícios;
- Viabilidade técnica da implementação;
- Complexidade;
- Prazos de execução;
- Urgência;
- Responsáveis pela execução;
- Outros atores necessários.

Por fim, a equipe do projeto deve organizar as sugestões do encontro, levantar medidas de adaptação já realizadas ou planejadas e consolidar a priorização das ações para posterior entrega ao porto. As medidas já planejadas ou implementadas pelo porto podem estar registradas no Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ), no Plano Mestre, diários oficiais, registros internos ou em outros documentos. A equipe do projeto deve ainda organizar e propor outras medidas de adaptação sugeridas pela literatura (p.ex., UNEP 2016) e expertise profissional, entretanto, deve-se destacar as ideias provenientes dos próprios técnicos do porto.

Tabela 16: Exemplo de Matriz de Risco visualizada em forma de tabela-resumo

Risco	Ameaça	Infraestrutura	Medida de adaptação	Tipo de medida	Custo ¹ (Baixo, Moderado ou Alto)	Benefícios ² (Baixo, Moderado ou Alto)	Prazo de Execução ³ (Curto, Médio ou Longo)	Complexidade ⁴ (Baixo, Média ou Alta)	Urgência ⁵ (Baixa, Média ou Alta)	Responsáveis	Outros Atores-Chave
Médio	Chuva Forte	Acesso Viário	Construção de piscinões	Estrutural	Moderado	Alto	Longo	Alta	Urgência média	SPA / Prefeitura	Prefeitura
			Construção de estações de bombas	Estrutural	Moderado	Alto	Longo	Alta	Urgência média	SPA / Prefeitura	Prefeitura
			Construção de caixa de retenção com visita e sistemas de comportas	Estrutural	Moderado	Alto	Longo	Alta	Urgência média	SPA	Prefeitura
			Obras de drenagem a montante e no local	Estrutural	Alto	Alto	Longo	Alta	Urgência média	SPA / Prefeitura	Prefeitura
			Novos sistemas viários	Estrutural	Alto	Alto	Longo	Alta	Urgência média	SPA	Prefeitura
			Aumento de capacidade de retenção (canal de retenção)	Estrutural	Moderado	Moderado	Longo	Alta	Urgência média	SPA	Prefeitura
			Substituição de passarelas para passagem de nível	Estrutural	Moderado	Moderado	Longo	Média	Urgência média	SPA / Terminais portuários	
			Manutenção das vias	Estrutural	Moderado	Moderado	Curto	Média	Urgente	SPA / Prefeitura	
			Acompanhamento meteorológico por meio de sensores e micromodelagem climática	Estrutural	Moderado	Baixo	Médio	Média	Urgente		
			Avaliação de pontos críticos	Gerencial	Baixo	Baixo	Curto	Baixa	Urgência média	SPA / Terminais portuários	
Médio	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar	Berço	Aumento da altura da infraestrutura dos berços	Estrutural	Alto	Alto	Longo	Alta	Pouco Urgente		
			Construção de sistemas de proteção costeira (diques e elevação da infraestrutura)	Estrutural	Alto	Alto	Longo	Alta	Pouco Urgente		
			Construção e manutenção de áreas verdes e permeáveis	Estrutural	Baixo	Moderado	Curto	Baixa	Urgência média	SPA / Terminais portuários	
Médio	Inundações devido ao Aumento de 0,2 m do Nível do Mar	Equipamentos Lçamento, Empilhadeira e Transportador Contínuo	Construção de sistemas de proteção costeira (diques e elevação da infraestrutura)	Estrutural	Alto	Alto	Longo	Alta	Pouco Urgente		
			Construção e manutenção de áreas verdes e permeáveis	Estrutural	Baixo	Moderado	Curto	Baixa	Urgência média	SPA / Terminais portuários	

Dica

Além de medidas estruturais e não estruturais, busque classificar ou apontar as 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 ou medidas ou atividades que trazem benefícios, independentemente do nível de mudança climática (IPCC, 2022). As opções de adaptação de “não arrependimento” normalmente incluem melhorias nas estratégias de enfrentamento ou reduções na exposição às ameaças conhecidas (WILBY e DESSAI, 2010), tais como melhores sistemas de previsão e alerta, uso de informações climáticas ou intervenções para garantir informações atualizadas para projetos de engenharia.

Dica

Busque incluir na discussão as medidas de adaptação baseadas em ecossistemas ou Adaptação baseada na Natureza (AbN), que utiliza a biodiversidade, a natureza e os serviços ecossistêmicos para reduzir impacto da mudança do clima, tais como a recuperação de áreas de mangue e restinga para conter a erosão costeira e impactos de ressacas. Veja outras opções de AbE e AbN no catálogo de opções gestão costeira do UNEP (2016).

Lições Aprendidas

As medidas de adaptação devem envolver ações de governança, gestão administrativa, manutenção estrutural de ativos, reformas, trocas de equipamentos, elaboração de planos e procedimentos, dentre outros.

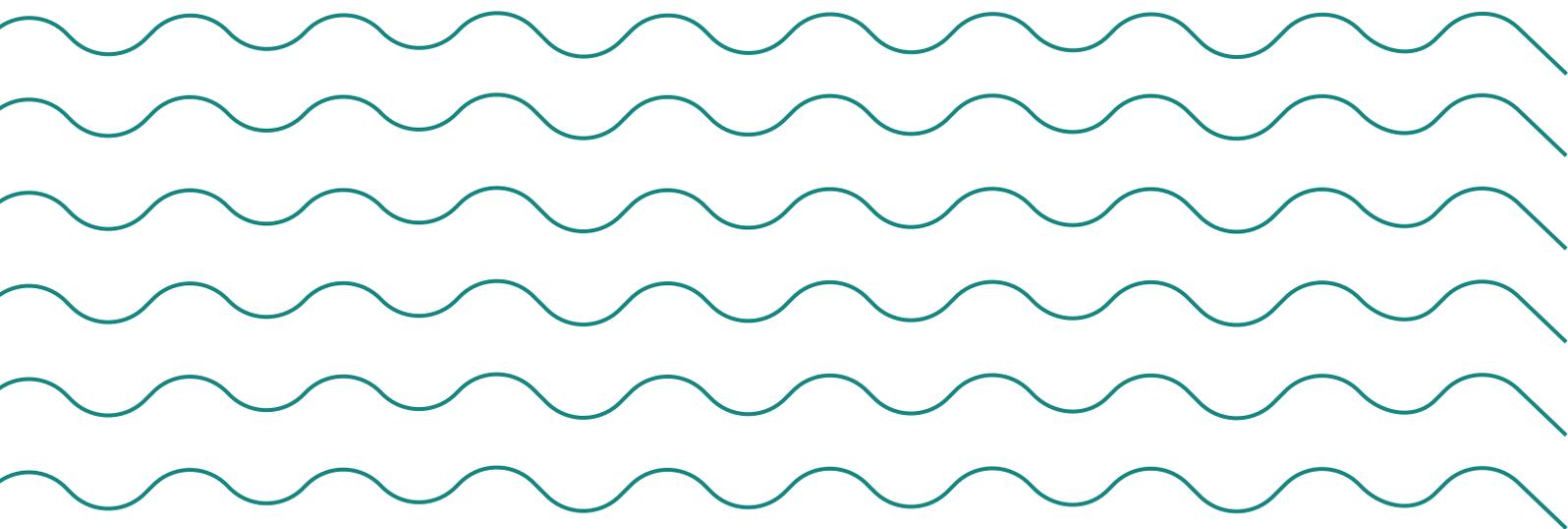
Realizar uma Oficina pode permitir que o corpo técnico local apresente novas ideias relevantes e substancialmente alinhadas com a realidade do porto. Além disso, garante que as visões de desenvolvimento sejam confrontadas e discutidas de forma abrangente.

A oficina de trabalho deve reunir a maior diversidade de técnicos portuários possíveis, desde a área de gestão à de operação. Isso é importante para que aspectos operacionais e estruturais relacionados às infraestruturas sejam adequadamente considerados.

Por fim, considerando todas as informações do estudo, faça um relatório para compartilhar as informações e resultados do trabalho. Na elaboração do relatório final do levantamento de risco, deve-se dar especial atenção aos resultados de maior relevância. Esse documento deve conter todas as percepções da equipe técnica de elaboração do levantamento de risco sobre as ameaças climáticas envolvidas, as vulnerabilidades do porto e as medidas de adaptação com potencial de aplicação.

É importante que todo o levantamento dos riscos seja constantemente monitorado e que os resultados produzidos sejam utilizados também como instrumento de gestão de riscos. Neste sentido, as autoridades e atores-chave têm total competência para atualizar ou propor novas medidas de adaptação.

Por fim, a equipe não deve se esquecer de destacar as limitações do estudo e as premissas usadas. O princípio da transparência é muito importante para que o estudo possa ser interpretado da maneira correta.



Bibliografia

ANANDHI, A., FREI, A., PIERSON, D. C., SCHNEIDERMAN, E. M., ZION, M. S., LOUNSBURY, D., & MANTONSE, A. H. Examination of change factor methodologies for climate change impact assessment. *Water Resources Research*, v.47, n.3, W03501. 2011. [doi:10.1029/2010WR009104](https://doi.org/10.1029/2010WR009104)

ANTAQ. Impactos e Riscos da Mudança do Clima nos Portos Públicos Costeiros Brasileiros. Relatório Final. Brasília. 2021. 311 p. Disponível em: <https://www.gov.br/antag/pt-br/central-de-conteudos/estudos-e-pesquisas-da-antag-1/Antag_relatoriofinal04.04.22compactado.pdf>

ANTAQ. Portos brasileiros movimentaram 179,8 milhões de toneladas no primeiro bimestre. Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), Brasília, 7 abr. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/antag/pt-br/noticias/2022/portos-brasileiros-movimentaram-179-8-milhoes-de-toneladas-no-primeiro-bimestre>>

ENGINEERS CANADA. PIEVC Engineering Protocol for Infrastructure Vulnerability Assessment and Adaptation to a Changing Climate. PRINCIPLES and GUIDELINES, Ontario. 2016. 54 p.

GIZ, EURAC & UNU-EHS. Climate Risk Assessment for Ecosystem-based Adaptation – A guidebook for planners and practitioners. Bonn. 2018. 120 p. Disponível em: <<https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2018/06/giz-eurac-unu-2018-en-guidebook-climate-risk-asesment-eba.pdf>>

IPCC. 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, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press. 2021. [doi:10.1017/9781009157896](https://doi.org/10.1017/9781009157896).

IPCC. 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. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 2022. 3056 p. [doi:10.1017/9781009325844](https://doi.org/10.1017/9781009325844).

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

KENDALL, M.G.. Rank Correlation Methods. Charles Griffin, Londres. 1975

MANN, H.B. Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13, 245-259. 1945.

O'NEILL, BC, KRIEGLER, E., RIAHI, K., EBI, KL, HALLEGATTE, S., CARTER, TR, ET AL. 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](https://doi.org/10.1007/s10584-013-0905-2).

SAE-PR. Adaptação à Mudança do Clima no Brasil em 2040: cenários e alternativas. Brasília. 2013. 44 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/BRASIL-2040-Resumo-Executivo.pdf>

UNEP. Managing climate change hazards in coastal areas. The Coastal Hazard Wheel decision-support system. Catalogue of hazard management options. United Nations Environment Programme (UNEP). 120 pp. 2016. Disponível em: <https://www.coastalhazardwheel.org/media/1391/catalogue_coastal-hazard-wheel.pdf>

SCHWALM, C.; S. GLENDON; P.B. DUFFY. Reply to Hausfather and Peters: RCP8.5 is neither problematic nor misleading. PNAS, v.117, n. 45, p.27793-27794. [doi:10.1073/pnas.2018008117](https://doi.org/10.1073/pnas.2018008117)

WILBY, R.L.; S. DESSAI. Robust adaptation to climate change. Weather, v.65, n.7, p.180-185. 2010. [doi:10.1002/wea.543](https://doi.org/10.1002/wea.543)

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Guide to Climatological Practices, WMO-No. 100. 3rd Edition, World Meteorological Organization, Geneva. 2011. 153 p.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Weather-related disasters increase over past 50 years, causing more damage but fewer deaths. [S. l.], 31 ago. 2021. Disponível em: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/weather-related-disasters-increase-over-past-50-years-causing-more-damage-fewer>.



Por ordem do



Ministério Federal
do Meio Ambiente, Proteção da Natureza
e Segurança Nuclear

Por meio da

giz

Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

da República Federal da Alemanha



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DA
INFRAESTRUTURA

