

IMPACTOS E RISCOS DA MUDANÇA DO CLIMA NOS **PORTOS PÚBLICOS** **COSTEIROS BRASILEIROS**

Relatório Final



República Federativa do Brasil

Jair Bolsonaro
Presidente da República

Tarcísio Gomes de Freitas
Ministro da Infraestrutura

Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ

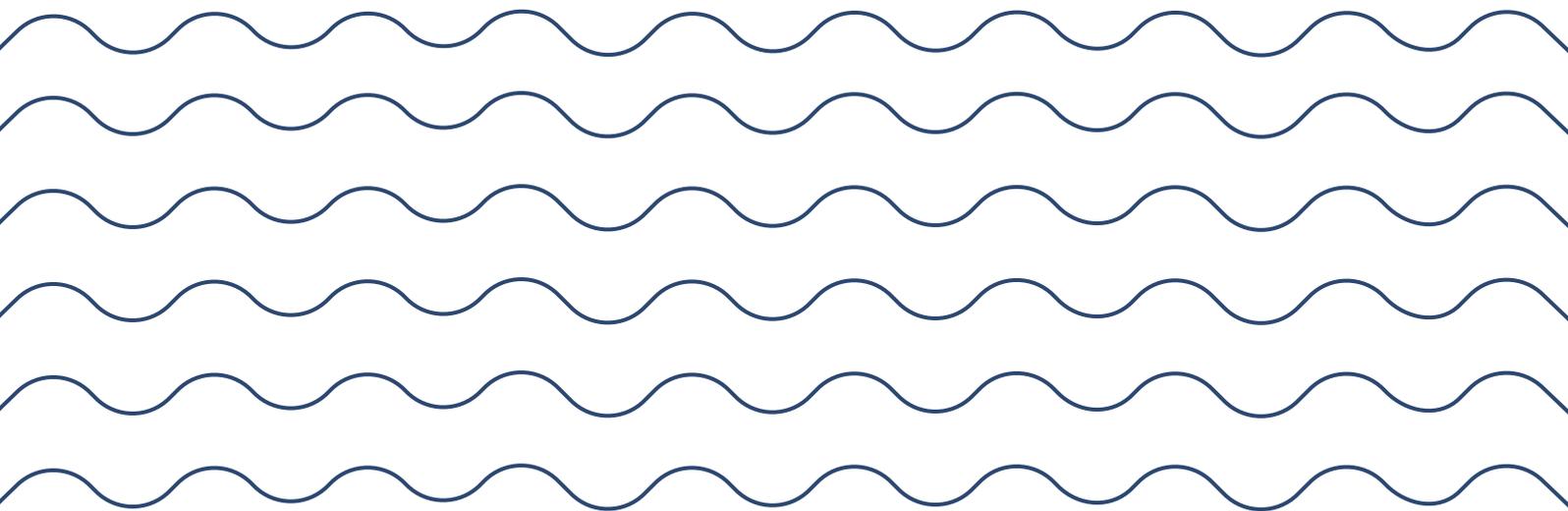
Eduardo Nery
Diretor-Geral

Adalberto Tokarski
Diretor

Flávia Morais Lopes Takafashi
Diretora

IMPACTOS E RISCOS DA
MUDANÇA DO CLIMA
NOS **PORTOS PÚBLICOS**
COSTEIROS BRASILEIROS

Relatório Final



EXPEDIENTE

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Jair Messias Bolsonaro
Presidente da República

Tarcísio Gomes de Freitas
Ministro da Infraestrutura

Agência Nacional de Transportes Aquaviários – Antaq

Eduardo Nery Machado Filho
Diretor-Geral

Adalberto Tokarski
Diretor

Flávia Takafashi
Diretora

ELABORAÇÃO

WayCarbon

EQUIPE TÉCNICA – WayCarbon

Melina Amoni
Sergio Margulis
Marina Lazzarini
Natalie Unterstell
Franciele Barros
Carlos Guimarães
Lis Vale
Dawber Batista
Marcus Vinicius Ferreira da Silva

EQUIPE TÉCNICA – GIZ

Eduarda Silva Rodrigues de Freitas
Pablo Borges de Amorim
Ana Carolina Câmara

EQUIPE TÉCNICA – Antaq

**Superintendência de Desempenho,
Desenvolvimento e Sustentabilidade – SDS**
José Renato Ribas Fialho

Gerência de Desenvolvimento e Estudos – GDE

José Gonçalves Moreira Neto – Gerente
Anderson Paz da Silva
Alessandro Ramalho

Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades (INPE)

Lincoln Muniz Alves

DESIGN E DIAGRAMAÇÃO

Estúdio Marujo

CONTATOS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES

AQUAVIÁRIOS – Antaq

SEPN Quadra 514, Conjunto “E”, Edifício Antaq,
SDS, 3º andar, Brasília – DF
CEP 70760-545
T + 55 61 2029-6764

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

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 Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) da Alemanha

BMU Bonn:

Robert-Schuman-Platz 3 53175 Bonn, Alemanha
T +49 (0) 228 99 305-0

Diretora de Projeto:

Ana Carolina Câmara
T:+55 61 9 99 89 71 71
T +55 61 2101 2098
E ana-carolina.camara@giz.de

Brasília, outubro de 2021.

SUMÁRIO

1 :: Apresentação	17
2 :: Introdução	18
2.1 :: Objetivo	21
3 :: Metodologia	22
3.1 :: Considerações Iniciais	23
3.2 :: Análise De Risco Climático	26
3.3 :: Levantamento De Dados	30
3.3.1 :: Análise De Impacto Climático Nos Portos Costeiros Do Brasil	31
3.3.2 :: Análise Geral	32
3.3.2.1 :: Ameaça Climática	34
3.3.2.2 :: Impacto	35
3.3.2.3 :: Frequência Das Ameaças Climáticas	42
3.3.2.4 :: Limiares Críticos	45
3.3.3 :: Análise Discriminada	45
3.3.3.1 :: Porto De Angra Dos Reis	46
3.3.3.2 :: Porto De Aratu	52
3.3.3.3 :: Porto De Cabedelo	58
3.3.3.4 :: Porto De Fortaleza	63
3.3.3.5 :: Porto Do Ilhéus	68
3.3.3.6 :: Porto Do Imbituba	74
3.3.3.7 :: Porto De Itaguaí	81
3.3.3.8 :: Porto De Itajaí	87
3.3.3.9 :: Porto De Itaqui	94
3.3.3.10 :: Porto De Natal	97

3.3.3.11 :: Porto de Niterói	102
3.3.3.12 :: Porto de Paranaguá	108
3.3.3.13 :: Porto do Recife	115
3.3.3.14 :: Porto do Rio De Janeiro	121
3.3.3.15 :: Porto de Rio Grande	127
3.3.3.16 :: Porto de Salvador	133
3.3.3.17 :: Porto de Santos	139
3.3.3.18 :: Porto de São Francisco do Sul	145
3.3.3.19 :: Porto de São Sebastião	151
3.3.3.20 :: Porto de SUAPE	156
3.3.3.21 :: Porto Vitória	162
3.4 :: Ameaça	167
3.4.1 :: Base De Dados	168
3.4.1.1 :: Dados Observacionais	168
3.4.1.2 :: Projeções Climáticas	168
3.4.2 :: Indicadores	171
3.4.2.1 :: Tempestades	171
3.4.2.2 :: Vendavais	172
3.4.2.3 :: Aumento do Nível do Mar	172
3.4.3 :: Análise de Tendência	174
3.4.4 :: Cenários de Mudança Do Clima	174
3.4.5 :: Padronização	175
3.5 :: Exposição	176
3.5.1 :: Número de Infraestruturas Portuárias	176
3.5.2 :: Movimentação de Carga Anual	178

3.6 :: Vulnerabilidade	178
3.6.1 :: Sensibilidade	179
3.6.1.1 :: Condição da Área Abrigada	180
3.6.1.2 :: Tipo de Porto	181
3.6.1.3 :: Tipo de Carga Movimentada	185
3.6.2 :: Capacidade Adaptativa	186
4 :: Resultados e Análises	189
4.1 :: Resultados Ameaça	189
4.1.1 :: Análise de Tendência	189
4.1.1.1 :: Tempestades	189
4.1.1.2 :: Vendavais	191
4.1.2 :: Cenários de Mudança do Clima	192
4.1.2.1 :: Tempestades	193
4.1.2.2 :: Vendavais	194
4.1.2.3 :: Aumento do Nível do Mar	195
4.2 :: Indicador de Exposição	196
4.3 :: Indicador de Vulnerabilidade	199
4.3.1 :: Tempestades	199
4.3.2 :: Vendavais	202
4.2.3 :: Aumento Do Nível Do Mar	205
4.4 :: Risco Climático	208
4.4.1 :: Tempestades	209
4.4.2 :: Vendavais	210
4.4.3 :: Aumento do Nível do Mar	211
4.5 :: Ranking	213

5 :: Adaptação e o Setor Portuário	216
5.1 :: Levantamento de Medidas de Adaptação para o Setor Portuário	217
5.2 :: Seleção e Priorização das Medidas de Adaptação	230
6 :: Considerações Finais	232
6.1 :: Recomendações e Limitações	238
Referências	240
Apêndice I :: Validação dos Modelos	242
Apêndice II :: Análise do Indicador de Aumento do Nível do Mar	244
Apêndice III :: Testes Estatísticos da Análise de Tendência	265
Apêndice IV :: Detalhamento do Número de Infraestruturas Portuária	267
Apêndice V :: Detalhamento da Movimentação de Carga Anual	269
Apêndice VI :: Detalhamento do Tipo de Carga Movimentada	270
Apêndice VII :: Estrutura Hierárquica do Risco de Tempestade, Vendaval e Aumento do Nível do Mar	272
Apêndice VIII :: Indicadores de Ameaça, Exposição e Vulnerabilidade	275
Apêndice IX :: Mapas dos Índices de Risco Climático	278
Apêndice X :: Detalhamento Ranking de Risco	289
Apêndice XI :: Questionário	294

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo das metodologias	23
Tabela 2: Escala de Índice de Risco Climático	29
Tabela 3: Questões analisadas para a análise discriminada	31
Tabela 4: Lista dos portos da costa brasileira que responderam ao questionário	32
Tabela 5: Análise da relevância das ameaças climáticas para o setor portuário da costa brasileira. Questão 9 do questionário	34
Tabela 6: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Angra dos Reis	50
Tabela 7: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Aratu-Candeias	56
Tabela 8: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Fortaleza	67
Tabela 9: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Ilhéus	72
Tabela 10: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Imbituba	79
Tabela 11: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Itaguaí	85
Tabela 12: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Itajaí	92
Tabela 13: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Natal	101
Tabela 14: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Niterói	106
Tabela 15: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Paranaguá	113
Tabela 16: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Recife	119
Tabela 17: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto do Rio de Janeiro	125

Tabela 18: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Rio Grande	131
Tabela 19: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Salvador	137
Tabela 20: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Santos	143
Tabela 21: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de São Francisco do Sul	149
Tabela 22: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de São Sebastião	155
Tabela 23: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de SUAPE	160
Tabela 24: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Vitória	166
Tabela 25: Modelos climáticos utilizados e os respectivos centros de desenvolvimento	170
Tabela 26: Escala para padronização dos dados	175
Tabela 27: Escala do Indicador de Exposição	176
Tabela 28: Infraestruturas portuárias analisadas para cada ameaça climática	177
Tabela 29: Escala do indicador de vulnerabilidade	179
Tabela 30: Indicadores utilizados para análise de sensibilidade às ameaças selecionadas	179
Tabela 31: Condição da área abrigada dos 21 portos públicos analisados	181
Tabela 32: Classificação dos portos por tipo de área abrigada	183
Tabela 33: Nível de sensibilidade a depender da tipologia portuária e da ameaça analisada	184
Tabela 34: Indicadores utilizados na elaboração do indicador de capacidade adaptativa às tempestades	188
Tabela 35: Indicadores utilizados na elaboração do indicador de capacidade adaptativa aos vendavais	188
Tabela 36: Indicadores utilizados na elaboração do indicador de capacidade adaptativa ao aumento do nível do mar	189
Tabela 37: Análise de tendência do índice de extremo climático RX1day no período de 1981 a 2020	190

Tabela 38: Análise de tendência do índice de extremo climático R99p no período de 1981 a 2020	190
Tabela 39: Análise de tendência do índice de extremo climático Wx90p no período de 1979 a 2014	192
Tabela 40: Cenário de mudança do clima para tempestade por porto	194
Tabela 41: Cenário de mudança do clima para vendavais por porto	195
Tabela 42: Indicador de aumento do nível do mar	196
Tabela 43: Indicador de exposição às tempestades	197
Tabela 44: Indicador de exposição aos vendavais	197
Tabela 45: Indicador de exposição ao aumento do nível do mar	198
Tabela 46: Indicador de vulnerabilidade as tempestades	200
Tabela 47: Indicador de sensibilidade às tempestades	201
Tabela 48: Indicador de capacidade adaptativas às tempestades	201
Tabela 49: Indicador de vulnerabilidade aos vendavais	203
Tabela 50: Indicador de sensibilidade aos vendavais	204
Tabela 51: Indicador de capacidade adaptativa aos vendavais	204
Tabela 52: Indicador de vulnerabilidade ao aumento do nível do mar	205
Tabela 53: Indicador de capacidade adaptativa ao aumento do nível do mar	206
Tabela 54: Indicador de sensibilidade ao aumento do nível do mar	207
Tabela 55: Índice de risco de tempestades	209
Tabela 56: Índice de risco de vendavais	210
Tabela 57: Índice de risco de aumento do nível do mar	212
Tabela 58: Ranking dos portos: risco de tempestades	213
Tabela 59: Ranking índice de risco de vendavais para o período observado e 2050 no cenário RCP8.5	214
Tabela 60: Ranking índice de risco de aumento do nível do mar para o período 2050 e RCP8.5	215
Tabela 61: Lista longa das medidas de adaptação para o setor portuário	218

LISTA DE FIGURAS

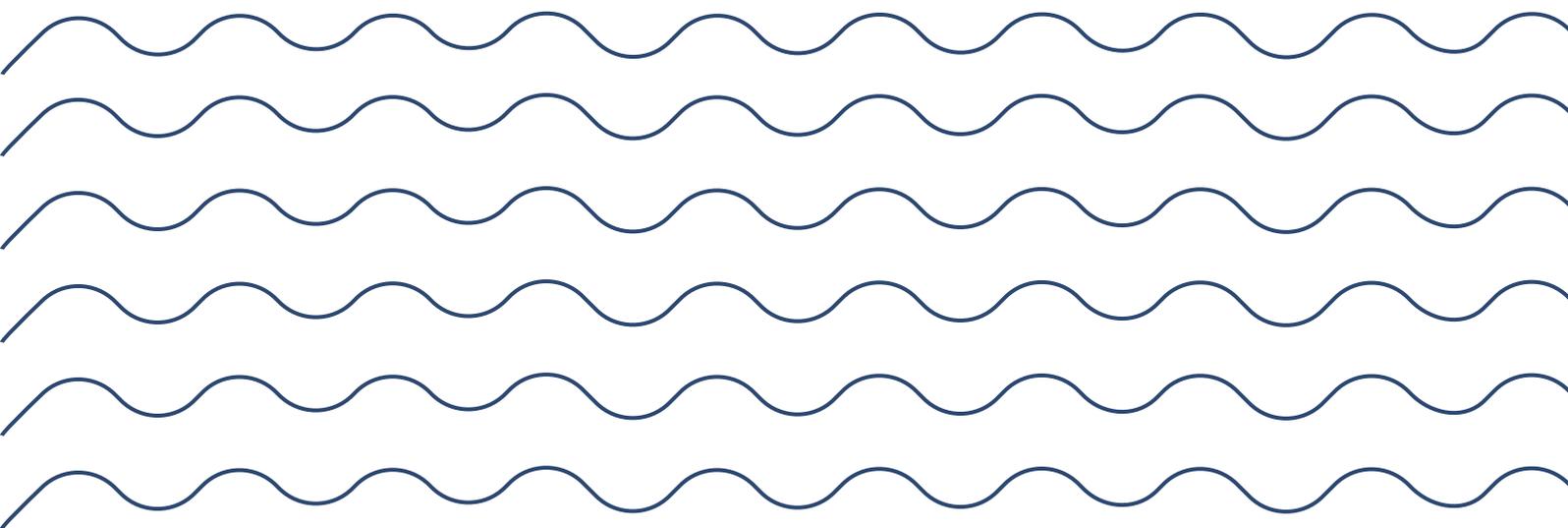
Figura 1: Localização dos portos costeiros brasileiros selecionados para análise	20
Figura 2: Sequenciamento das etapas aplicadas no estudo	22
Figura 3: Framework da metodologia empregada pelo IPCC para abordagem de risco	27
Figura 4: Exemplo de estrutura hierárquica relacional para a construção de indicadores e índices de risco climático	28
Figura 5: Localização dos portos costeiros brasileiros selecionados para análise.	33
Figura 6: Análise do grau do impacto negativo provocados pela ocorrência das ameaças climáticas nas estruturas portuárias – questão 11 do questionário	35
Figura 7: Análise do grau do impacto negativo provocados pela ocorrência das ameaças climáticas nas operações portuárias – questão 17 do questionário	38
Figura 8: Análise do grau do impacto negativo provocado pela ocorrência das ameaças climáticas na cadeia logística portuária. Questão 22 do questionário	40
Figura 9: Frequência das ameaças climáticas sobre as estruturas portuárias. Questão 8 do questionário	42
Figura 10: Localização do Porto de Angra dos Reis	46
Figura 11: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Angra dos Reis: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística	47
Figura 12: Resultados da questão 8 do Porto de Angra dos Reis: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura)	49
Figura 13: Localização do Porto Aratu-Candeias	52
Figura 14: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Aratu-Candeias: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística	53
Figura 15: Resultados da questão 8 do Porto de Aratu-Candeias: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura)	55
Figura 16: Localização do Porto de Cabedelo	58
Figura 17: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Cabedelo: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística	59

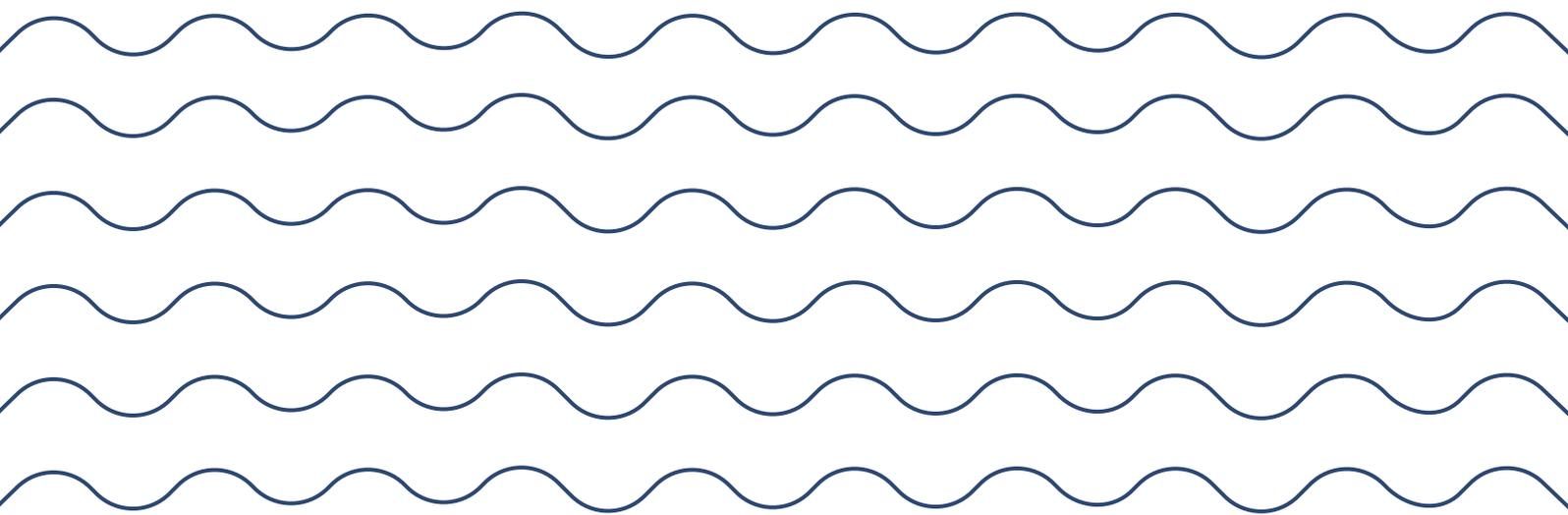
Figura 18: Resultados da questão 8 do Porto de Cabedelo: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	61
Figura 19: Localização do Porto de Fortaleza.	63
Figura 20: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Fortaleza: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	64
Figura 21: Resultados da questão 8 do Porto de Fortaleza: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura)	66
Figura 22: Localização do Porto de Ilhéus.	68
Figura 23: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Ilhéus: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	69
Figura 24: Resultados da questão 8 do Porto de Ilhéus: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	71
Figura 25: Localização do Porto de Imbituba.	74
Figura 26: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Imbituba: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	75
Figura 27: Resultados da questão 8 do Porto de Imbituba: frequência das ameaças climáticas com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	78
Figura 28: Localização do Porto de Itaguaí.	81
Figura 29: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Itaguaí: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	82
Figura 30: Resultados da questão 8 do Porto de Itaguaí: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	84
Figura 31: Localização do Porto de Itajaí.	87
Figura 32: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto do Itajaí: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	88
Figura 33: Resultados da questão 8 do Porto de Itajaí: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	90

Figura 34: Localização do Porto de Itaqui.	94
Figura 35: Resultados da questão 8 do Porto de Itaqui: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou dano a infraestrutura).	95
Figura 36: Localização do Porto de Natal.	97
Figura 37: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Natal: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	98
Figura 38: Resultados da questão 8 do Porto de Natal: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	100
Figura 39: Localização do Porto de Niterói.	102
Figura 40: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Niterói: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	103
Figura 41: Resultados da questão 8 do Porto de Niterói: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	105
Figura 42: Localização do Porto de Paranaguá.	108
Figura 43: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Paranaguá: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	109
Figura 44: Resultados da questão 8 do Porto de Paranaguá: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	112
Figura 45: Localização do Porto do Recife.	115
Figura 46: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto do Recife: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	116
Figura 47: Resultados da questão 8 do Porto de Recife: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou dano a infraestrutura).	118
Figura 48: Localização do Porto do Rio de Janeiro.	121
Figura 49: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto do Rio de Janeiro: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	122

Figura 50: Resultados da questão 8 do Porto do Rio de Janeiro: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou dano a infraestrutura).	124
Figura 51: Localização do Porto de Rio Grande.	127
Figura 52: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Rio Grande: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	128
Figura 53: Resultados da questão 8 do Porto de Rio Grande: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	130
Figura 54: Localização do Porto de Salvador.	133
Figura 55: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Salvador: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	134
Figura 56: Resultados da questão 8 do Porto de Salvador: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	136
Figura 57: Localização do Porto de Santos.	139
Figura 58: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Santos: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	140
Figura 59: Resultados da questão 8 do Porto de Santos: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	142
Figura 60: Localização do Porto de São Francisco do Sul.	145
Figura 61: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de São Francisco do Sul: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística	146
Figura 62: Resultados da questão 8 do Porto de São Francisco do Sul: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	148
Figura 63: Localização do Porto de São Sebastião.	151
Figura 64: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de São Sebastião: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	152

Figura 65: Resultados da questão 8 do Porto de São Sebastião: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	154
Figura 66: Localização do Porto de SUAPE.	156
Figura 67: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de SUAPE: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	157
Figura 68: Resultados da questão 8 do Porto de SUAPE: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	159
Figura 69: Localização do Porto de Vitória.	162
Figura 70: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Vitória: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.	163
Figura 71: Resultados da questão 8 do Porto de Vitória: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).	165
Figura 72: Fluxograma das etapas metodológicas	167
Figura 73: Precipitação média anual dos modelos do projeto CORDEX (1961-1990)	170
Figura 74: Exemplificação da análise do indicador de aumento do nível do mar	173





1 :: Apresentação

Tendo em vista que os governos do Brasil e da Alemanha cooperam tecnicamente para atingir os compromissos assumidos nos acordos internacionais sobre o clima, o Ministério Alemão do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) vem apoiando o governo brasileiro em ações para o aumento da resiliência do país, por meio de projetos destinados à adaptação à mudança do clima.

Entre esses projetos está o “Apoio ao Brasil na Implantação da Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – ProAdapta” que visa favorecer o aumento da resiliência climática do Brasil, por meio da implementação efetiva da Agenda Nacional de Adaptação.

Implementado pela Agência de Cooperação Técnica Alemã Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, o ProAdapta apoia processos de coordenação e cooperação entre as três esferas de governo, setores econômicos e sociedade civil.

A Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq) vem percebendo a necessidade de incorporar em seu espectro de atuação a dimensão da mudança do clima e dos efeitos adversos advindos da existência cada vez mais recorrente de eventos climáticos extremos na prestação, pelos terminais portuários nacionais, de serviços adequados aos seus usuários, de forma a garantir, entre outros aspectos, a eficiência e regularidade das operações.

Por esta razão, foi celebrado, em janeiro de 2020, um Acordo de Cooperação entre a Antaq e a GIZ para a elaboração do estudo intitulado “*Impactos e Riscos da Mudança do Clima nos Portos Públicos Costeiros Brasileiros*”. Os produtos a serem elaborados no âmbito da parceria em questão têm o potencial de subsidiar a consecução de políticas públicas nacionais sobre o tema, direcionando ações e investimentos.

O Acordo prevê a execução de um macroprojeto com três eixos bem definidos: **I) eixo 1:** elaboração de estudo contendo o levantamento das principais ameaças climáticas, riscos e impactos da mudança do clima nos principais portos públicos costeiros do Brasil. O objetivo final desta etapa é elaborar um ranking dos portos analisados sob maior risco climático atual e para os anos de 2030 e 2050; **II) eixo 2:** elaboração de estudos customizados para três portos selecionados a partir do ranking climático explicitado no eixo 1, visando detalhar os impactos das ameaças climáticas na infra e superestrutura do portos sob análise; e **III) eixo 3:** elaboração de relatório com recomendações gerais de medidas de adaptação à mudança do clima para o setor portuário e divulgação dos resultados do projeto.

Assim, o estudo ora apresentado, integrante do eixo 1 do Acordo de Cooperação mencionado, apresenta um levantamento de risco climático para 21 portos públicos do Brasil e as possíveis medidas de adaptação a serem implementadas para aumentar a resiliência frente aos impactos das mudanças do clima.

Este estudo foi executado pela empresa WayCarbon e contou com a colaboração do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o qual desempenhou um papel fundamental no apoio técnico para definição da abordagem metodológica aplicada na análise de risco climático.

Para o alcance dos resultados almejados, além de extensa revisão bibliográfica e reuniões técnicas entre os atores do projeto, foram realizadas uma série de consultas aos representantes dos portos analisados, tendo como objetivo a identificação dos riscos associados às mudanças do clima que já afetam e possam continuar afetando direta e indiretamente a infraestrutura e eficiência portuária.

Infelizmente, os conhecimentos acerca dos impactos da mudança do clima sobre as zonas costeiras brasileiras, em especial sobre seus portos, são pontuais e dispersos. A carência de dados sobre o impacto dos eventos climáticos consiste na maior dificuldade para a compreensão do nível de vulnerabilidade dos portos, relacionado a sensibilidade e a capacidade adaptativa em relação aos extremos climáticos.

Assim, considerando a grande relevância e amplitude do estudo apresentado, espera-se que ele possa ser o ponto de partida para a melhoria regulatória do setor portuário, bem como se constitua em um norte para a adoção de políticas públicas sobre o tema tão importante e atual para o país e o mundo.

2 :: Introdução

O enfrentamento das consequências advindas da mudança do clima é um dos desafios mais complexos deste século, tendo em vista o seu potencial de ocorrência, a magnitude de uma série de impactos e os enormes prejuízos que ela traz não só para população e a biodiversidade, mas, também, para setores econômicos.

Dentre os setores que podem sofrer diretamente com os impactos causados por esse fenômeno está o setor portuário. Isso acontece por conta das particularidades de sua infraestrutura, localização, operação ou acesso. Os portos constituem-se como pontos críticos de interseção do comércio global, por isso, tais impactos negativos poderão implicar em danos e prejuízos consideráveis, tendo em vista que aproximadamente 90% de todo o comércio mundial depende do transporte marítimo para se sustentar.

No Brasil existem 36 portos públicos de competência da União, denominados Portos Organizados e regidos pela Lei nº 12.815/2013. Nessa categoria, encontram-se os portos com administração exercida pela União, por intermédio de empresas de economia mista denominadas Companhias Docas, ou delegada a municípios, estados ou consórcios públicos. A área destes portos é delimitada por ato do Poder Executivo Federal conforme o art. 15 da Lei nº 12.815 de 5 de junho de 2013.

Tais portos públicos possuem grande importância na logística de transporte, constituindo-se em um elo logístico entre os modos de transporte de cargas, com grande relevância no escoamento da produção aos mercados consumidores nacionais e internacionais, bem como na obtenção de insumos para o desenvolvimento de suas atividades econômicas. O setor portuário possui um potencial crescente de expandir suas operações, aumentando cada vez mais a sua influência na economia nacional.

Segundo os dados do Estatístico Aquaviário¹, produzido pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq, 2019), transita pelo setor portuário, em toneladas, cerca de 95% da corrente de comércio exterior do país², além de movimentar, em média, R\$ 293 bilhões anualmente, cerca de 14,2% do PIB brasileiro.

A mudança do clima pode causar impactos e perdas econômicas significativas ao setor, influenciando a economia regional e as cadeias de abastecimento global. Isso porque as instalações portuárias, por estarem localizadas nas zonas costeiras, são afetadas diretamente e indiretamente por eventos extremos, tais como precipitação intensa, vendavais e ressacas, além do aumento da temperatura do ar e aumento do nível médio do mar.

Esses fenômenos contribuem para o aumento das ocorrências de inundações, erosões costeiras e perdas dos ecossistemas costeiros (NOBRE; MARENGO, 2017). Tudo isso torna os portos suscetíveis aos riscos climáticos, tanto em termos de paralisações das operações do dia a dia quanto em termos de danos e reparos nas infraestruturas (BECKER *et al.*, 2016; NG *et al.*, 2016).

Para o setor portuário, esse processo é problemático porque pode levar à interrupção da navegação nas regiões portuárias (por motivos de segurança) e até mesmo à inundação de pátios de terminais e áreas próximas – como zonas urbanas. Além disso, esses impactos, em conjunto, acarretam aumento dos custos dos complexos marítimos e afetam ainda a durabilidade e resistência das instalações e das infraestruturas portuárias frente às condições climatológicas adversas.

Nesse sentido, os portos de todo o mundo estão em uma busca crescente por identificação e avaliação dos riscos climáticos que evidenciam a necessidade de elaboração de estratégias de adaptação, visando reduzir os prejuízos financeiros e operacionais decorrentes desses impactos.

Grandes complexos portuários, como os de Roterdã, na Holanda, e Nova York-Nova Jersey; Los Angeles-Long-Beach; San Francisco e Houston, nos Estados Unidos, têm estudado, na última década, os impactos que o aumento do nível do mar pode causar tanto em suas áreas portuárias como nas urbanas. E, em alguns casos, já desenvolvem planos de ação para se proteger dos impactos do fenômeno.

Portanto, tendo em vista a relevância do setor portuário para a economia brasileira e a alta exposição do setor aos impactos da mudança do clima, a adaptação torna-se fundamental e urgente para garantir a regularidade das operações portuárias e, conseqüentemente, a resiliência do setor. No que concerne a exposição das infraestruturas portuárias aos riscos climáticos, o Programa Brasil 2040 da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE-PR) revelou que essas já se encontram expostas a impactos e reconhecem o risco dos portos brasileiros.

A adaptação é definida como um processo de ajuste dos sistemas humanos e naturais ao clima atual e ao clima esperado futuro e aos seus efeitos (IPCC, 2014). No contexto do setor portuário, a adaptação envolve a implementação de ações que visem reduzir a vulnerabilidade às ameaças climáticas ou a identificação de oportunidades de aumentar a resiliência às mudanças do clima.

1. QlikView (Antaq.gov.br)

2. Atualmente China, EUA, Argentina e alguns países pertencentes à União Europeia se constituem em importantes parceiros comerciais do Brasil.

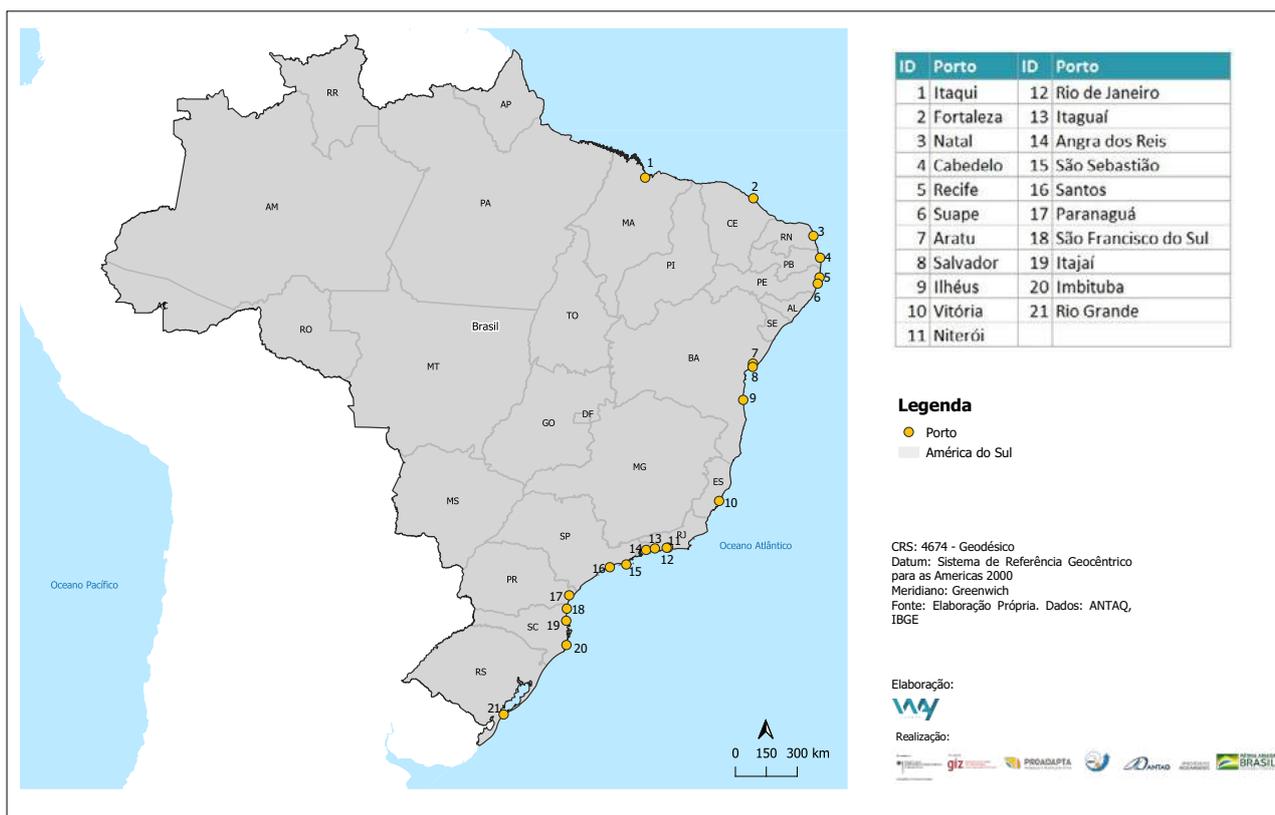
Tais ações podem abranger tecnologia, mudanças de engenharia, concepção e manutenção, planejamento, medidas de seguro e alteração do sistema de gestão (SCOTT *et al.*, 2013).

Diante desse contexto, esse estudo tem como objetivo geral identificar os impactos e riscos da mudança do clima nos portos públicos da costa brasileira, além de elencar um rol de recomendações gerais acerca de medidas de adaptação possíveis para aumentar a resiliência dos portos no que tange aos efeitos indesejáveis na operação e infraestrutura portuária.

Para alcançar tal objetivo, o estudo contemplou, dentre outros aspectos: **i)** levantamento das metodologias utilizadas internacionalmente em análises de risco climático no setor portuário; **ii)** levantamento de variáveis climáticas utilizadas em tomadas de decisão; **iii)** identificação dos horizontes temporais mais adequados às tomadas de decisão; **iv)** identificação dos principais impactos (danos e prejuízos) que o setor portuário costeiro brasileiro tem sofrido devido aos eventos climáticos; **v)** análise da frequência (aumento / diminuição) dos impactos; **vi)** identificação das ameaças climáticas que afetam os portos da costa brasileira; **vii)** análise da frequência (aumento / diminuição) das ameaças climáticas; **viii)** Identificação do nível de vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa) e de exposição dos portos às ameaças climáticas; **ix)** identificação do nível de risco climático (ameaça x vulnerabilidade x exposição) dos portos; e **x)** recomendação de medidas de adaptação passíveis de implementação pelo setor portuário.

A análise de risco climático, contida no estudo, foi elaborada a partir da adesão de 21 portos costeiros públicos, sendo eles: Angra dos Reis (RJ), Aratu-Candeias (BA), Cabedelo (PB), Fortaleza (CE), Ilhéus (BA), Imbituba (SC), Itaguaí (RJ), Itajaí (SC), Itaquí (MA), Natal (RN), Niterói (RJ), Paranaguá (PR), Recife (PE), Rio Grande (RS), Rio de Janeiro (RJ), Salvador (BA), Santos (SP), São Francisco do Sul (RS), São Sebastião (SP), Suape (PE) e Vitória (ES) – (Figura 1).

Figura 1: Localização dos portos costeiros brasileiros selecionados para análise.



2.1 :: Objetivo

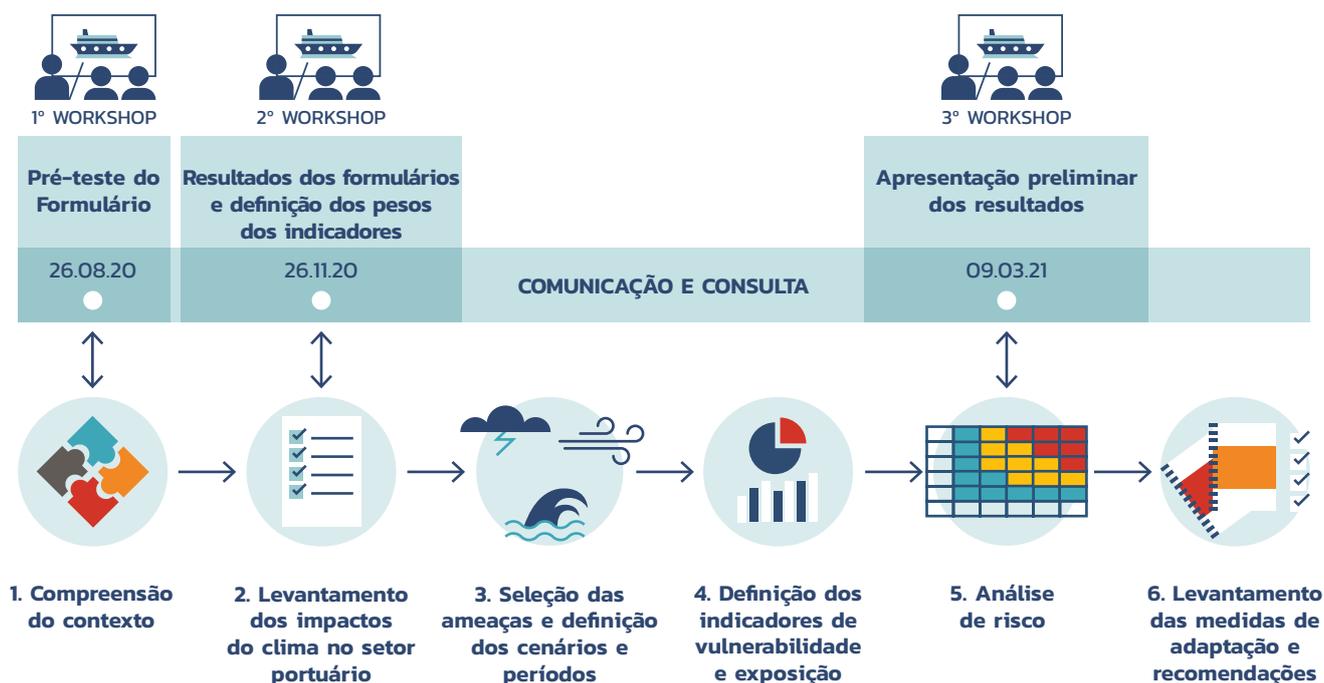
O presente estudo tem como objetivo realizar um levantamento dos impactos climáticos no setor portuário costeiro do Brasil, bem como sobre os principais riscos climáticos e as possíveis medidas de adaptação para atenuação dos efeitos gerados na ocorrência desses riscos. Ressalta-se que esse estudo servirá como um guia para a seleção dos estudos de caso para a realização de análises de risco climático customizadas a ser executada no Eixo 2 no contexto do projeto “Apoio ao Brasil na Implantação da Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – PROADAPTA”. Os objetivos específicos são responder e analisar as seguintes perguntas norteadoras:

- Quais são as metodologias usadas internacionalmente para realizar uma análise de risco climático para o setor portuário?
- Quais são os impactos (danos e prejuízos) que o setor portuário costeiro brasileiro tem sofrido devido à eventos climáticos?
- A frequência desses impactos está aumentando/diminuindo?
- Quais são as ameaças climáticas que afetam os portos da costa brasileira?
- Quais são os limiares críticos para cada ameaça climática relacionada a cada impacto climático?
- A frequência dessas ameaças climáticas irá aumentar/diminuir no futuro?
- Quais são os horizontes temporais das tomadas de decisão (do planejamento setorial, da gestão e da operação, etc.)?
- Qual é o nível de vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa) e exposição dos portos às ameaças climáticas?
- Quais informações climáticas são usadas nas tomadas de decisão hoje?
- Com base no estudo das ameaças, quais informações climáticas deveriam ser usadas na tomada de decisão?
- Qual é o nível de risco climático (ameaça x vulnerabilidade x exposição) dos portos à nível nacional?
- A partir de experiências nacionais e internacionais já documentadas, quais medidas de adaptação são recomendadas?

3 :: Metodologia

A análise de risco climático para os portos públicos costeiros brasileiros foi desenvolvida em seis grandes etapas, que garantiram um sequenciamento lógico para o cumprimento dos objetivos do estudo (Figura 2).

Figura 2: Sequenciamento das etapas aplicadas no estudo



Elaboração: WayCarbon, GIZ, Antaq (2021).

As seções seguintes irão apresentar, em detalhes, a metodologia aplicada em cada uma dessas etapas. A fim de guiar a leitura, abaixo será explicitado em qual seção cada uma das etapas acima poderá ser encontrada:

- **ETAPA 1:** Seção 3.1
- **ETAPA 2:** Seção 3.3
- **ETAPA 3:** Seção 3.4
- **ETAPA 4:** Seção 3.5 e 3.6
- **ETAPA 5:** Seção 3.2
- **ETAPA 6:** Seção 5.

3.1 :: Considerações Iniciais

Para a realização da análise de risco climático para o setor portuário público brasileiro foi realizado, previamente, uma revisão bibliográfica das metodologias de análise de risco nacionais e internacionais aplicáveis ao setor portuário, as quais foram comparadas com a metodologia de análise de risco climático proposta pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) a fim de validar a viabilidade da aplicação no contexto dos portos costeiros brasileiros. No total foram analisados 8 documentos, observando as etapas aplicadas, os pontos positivos e negativos, as limitações, barreiras e lacunas existentes na abordagem aplicada, e, por fim, se as abordagens iam ao encontro da abordagem do Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC – AR5) (Tabela 1).

Tabela 1: Resumo das metodologias

DOCUMENTO	BASE METODOLÓGICA & ABORDAGEM	ETAPAS	PONTOS POSITIVOS	LIMITAÇÕES, BARREIRAS & LACUNAS	REFERÊNCIA
<i>Climate Risk and Business Ports – International Finance Corporation (IFC)</i>	Base: AR4 Abordagem: Híbrida	<ul style="list-style-type: none"> Análise a partir dos dados observados; Projeções a partir de diferentes cenários; Apresentação dos resultados por ferramentas visuais (mapas, modelos 3D); Medidas de adaptação; Análise financeira. 	<ul style="list-style-type: none"> Análise de risco particularizada por risco e por ativo analisado; Utilização de uma matriz de risco (Categoria do risco e nível de impacto); Definição de classificações de risco como uma combinação de pontuações de probabilidade e impacto; Abordagem de avaliação de risco e adaptação à mudança do clima é aplicável para qualquer porto; Análise financeira. 	<ul style="list-style-type: none"> Incertezas sobre o futuro das emissões dos gases de efeito estufa. Falta de dados locais de qualidade; Falta de conhecimento dos riscos climáticos existentes e das medidas de adaptação; Curto horizonte de tempo para decisões de investimento. 	IFC (2011)
<i>Enhancing the resilience of seaports to a changing climate: Research synthesis and implications for policy and practice</i>	Base: AR4 Abordagem: Híbrida	<ul style="list-style-type: none"> Começando: Suporte Executivo; Estabelecimento do contexto do porto; Identificação das vulnerabilidades atuais e riscos futuros; Análise e avaliação dos riscos; Identificação e priorização das medidas de adaptação; Monitoramento e avaliação 	<ul style="list-style-type: none"> Avaliação quantitativa e qualitativa; Processo interativo/ Abordagem participativa; Envolvimento uma ligação próxima com provedores de informações sobre o clima; A análise leva em consideração outros fatores não climáticos que possuem potencial de influenciar mudanças (demografia, economia, tecnologia, instituições e cadeia de suprimentos). 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de uma definição precisa dos limites que afetam as operações por parte dos operários portuários envolvidos na análise (Ex: o limiar de velocidade dos ventos x o limiar de um nevoeiro). Dificuldade em integrar cenários climáticos e não climáticos devido aos seus respectivos horizontes de tempo (Ex: Mudanças socioeconômicas x Mudança do clima) 	McEvoy & Mullett (2013)

DOCUMENTO	BASE METODOLÓGICA & ABORDAGEM	ETAPAS	PONTOS POSITIVOS	LIMITAÇÕES, BARREIRAS & LACUNAS	REFERÊNCIA
<i>A policy making framework for resilient port infrastructure systems</i>	N/A	<p>Avaliação das vulnerabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificação das vulnerabilidades críticas do sistema de infraestrutura portuária; • Seleção das vulnerabilidades identificadas, uma ou mais, baseada nas prioridades das partes interessadas; • Identificação do perfil do risco (categoria: humano, tecnológico, natural etc.) e a distribuição de probabilidade das possíveis interrupções selecionadas. <p>Elaboração de estratégias de resiliência:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Levantamento de soluções e/ ou estratégias que possibilitam o aumento da resiliência dos sistemas de infraestrutura portuária; • Identificação dos custos associados de cada solução e/ou estratégia levantada. • Avaliação das estratégias de investimento • Cálculo do valor esperado de cada estratégia baseado nos dados do perfil do risco do evento perturbador e no custo da estratégia usando Análise de Árvore de Decisão; • Criação de um espaço para apresentar as estratégias para os tomadores de decisão. 	<ul style="list-style-type: none"> • A estrutura de análise de decisão baseada em gestão de risco também auxilia na avaliação dos custos associados a falhas prováveis causadas por interrupção por meio de simulação e modelagem, bem como o custo de investir em estratégias de resiliência. 	<ul style="list-style-type: none"> • O estudo não leva em consideração as projeções climáticas para a compreensão das ameaças futuras pelos quais o setor portuário estará exposto. 	Mansouri, Nilchiani, Mostashari (2010)

DOCUMENTO	BASE METODOLÓGICA & ABORDAGEM	ETAPAS	PONTOS POSITIVOS	LIMITAÇÕES, BARREIRAS & LACUNAS	REFERÊNCIA
<i>Sea Level Rise Vulnerability Assessment & Coastal Resiliency Report</i>	Base: AR5 Abordagem: Híbrida	<ul style="list-style-type: none"> Engajamento das partes interessadas; Análise do aumento do nível do mar (levantamento de estudos na área); Seleção das projeções do aumento do nível do mar; Mapeamento do aumento do nível do mar; Sensibilidade e capacidade adaptativa; Análise dos impactos financeiros. 	<ul style="list-style-type: none"> Avaliação de vulnerabilidade contendo análise financeira; Abordagem que vai ao encontro da metodologia do AR5; Envolvimento das partes interessadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Limitações da modelagem da elevação do nível do mar; Limitações das análises financeiras; Foco específico para o aumento do nível do mar. 	Port of San Diego (2019)
<i>Climate Risk and Vulnerability Assessment Framework for Caribbean Coastal Transport Infrastructure</i>	Base: AR5 Abordagem: Híbrida	<ul style="list-style-type: none"> Definição do Escopo e Contexto; Avaliação Crítica; Avaliação da Vulnerabilidade; Desenvolvimento de estratégias de adaptação. 	<ul style="list-style-type: none"> Abordagem metodológica clara e objetiva. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de dados de base; Limitação na resolução dos dados de elevação do nível do mar; Documentação limitada sobre impactos climáticos e meteorológicos passados. 	UNCTAD, 2018
<i>Decisões sobre infraestrutura considerando riscos climáticos: Guia prático para decisões com impacto no longo prazo no Brasil</i>	N/A	<ul style="list-style-type: none"> Identificação preliminar; Avaliação de impacto; Avaliação de vulnerabilidade; Monitoramento e avaliação; Implementação; Avaliação das opções; 	<ul style="list-style-type: none"> Metodologia já aplicada em contexto nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> Metodologia genérica para infraestruturas, podendo ser adaptada para considerar as especificidades do setor portuário ao ser aplicada. 	Unterstell (2017)
<i>Brasil 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima</i>	Base: AR5 Abordagem: top-down	<ul style="list-style-type: none"> Definição de critérios de seleção dos portos; Seleção dos portos; Definição das variáveis para análises; Exposição e vulnerabilidade futura; Análise dos resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> Metodologia já aplicada em contexto nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> Incertezas nas projeções de elevação da maré – baseadas no comportamento histórico e em projeções do Sistema de Modelagem Costeira (SMC Brasil); Incertezas na estimativa dos valores das alturas significativas de ondas (e dos acréscimos percentuais em relação ao ano de 1957), feita por extrapolação e com o uso de modelos numéricos de interação vento-onda (WAVEWATCH III (WW3) e ERA-40) os quais apresentaram diferenças nos seus resultados. 	Brasil (2014)

A partir da revisão bibliográfica realizada foi possível constatar que a metodologia de análise de risco climático proposta pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), com algumas adaptações necessárias em função da falta de disponibilidade de informações, poderia ser aplicado no contexto dos portos costeiros brasileiros.

Além disso, por meio da revisão bibliográfica realizada identificou-se a importância de trabalhar em conjunto as abordagens *Bottom-up* e *Top-down* para o sucesso da análise de risco climático no setor portuário. Segundo o IPCC (2104), a abordagem *Top-down* é uma abordagem de impacto de cenário que consiste em projeções climáticas em escala reduzida, avaliações de impacto e formulação de estratégia e opções. Em outras palavras, essa abordagem parte das projeções do modelo climático, abrangendo as múltiplas projeções para avaliar as faixas de incerteza envolvidas em situações futuras, para avaliar os impactos resultantes da mudança do clima. Já a abordagem *Bottom-up* partem da escala local, envolvendo a identificação de vulnerabilidades, sensibilidades e limiares para setores ou comunidades específicas (IPCC, 2014). Diante disso, ressalta-se que o presente estudo, valorizando o diálogo estreito com as autoridades portuárias, buscou ao máximo envolver as autoridades dos portos selecionados na análise de risco climático, por meio da aplicação de um questionário (Apêndice XI) para o levantamento dos dados necessários para análise, e na validação dos resultados, por meio da realização de *workshops*.

3.2 :: Análise de Risco Climático

A base metodológica utilizada para a elaboração da análise de risco para os portos públicos da costa brasileira foi fundamentada, conforme apresentado na seção de considerações iniciais, no Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC – AR5). De acordo com o IPCC (2014), o risco climático é resultado da interação entre a ameaça climática, a exposição de sistemas naturais, humanos e econômicos e suas características de vulnerabilidade, a qual é obtida por em função da sensibilidade ou suscetibilidade a danos e da capacidade de adaptação (Figura 3).

As três dimensões que compõe o risco são influenciadas, de maneira distinta, por elementos climáticos, sociais, infraestruturais e econômicos, concebendo-o uma característica multidisciplinar e de alta complexidade. A tradução do resultado da interação entre essas dimensões, em termos mensuráveis e gerenciáveis, bem como a compreensão dos diferentes elementos que as envolvem, pode ser obtida por meio de um sistema de índices e indicadores. O sistema de índices e indicadores auxilia no entendimento das relações de causalidade e preponderância dos fatores envolvidos no cálculo do risco.

De forma geral, os indicadores são constituídos por um conjunto de dados ou variáveis que são capazes de traduzir um determinado fenômeno ou evento. Já os índices, agregação de dois ou mais indicadores, são utilizados como uma das principais estratégias para unir e sintetizar as informações presentes em um grande número de indicadores, que, isoladas, seriam de difícil interpretação (SOBRAL *et al.*, 2011). No presente trabalho, o índice é representando pelo risco climático (de tempestade, vendaval ou aumento do nível do mar) e os indicadores são representados pelos elementos que o compõe (ameaça, exposição e vulnerabilidade e seus respectivos indicadores intermediários).

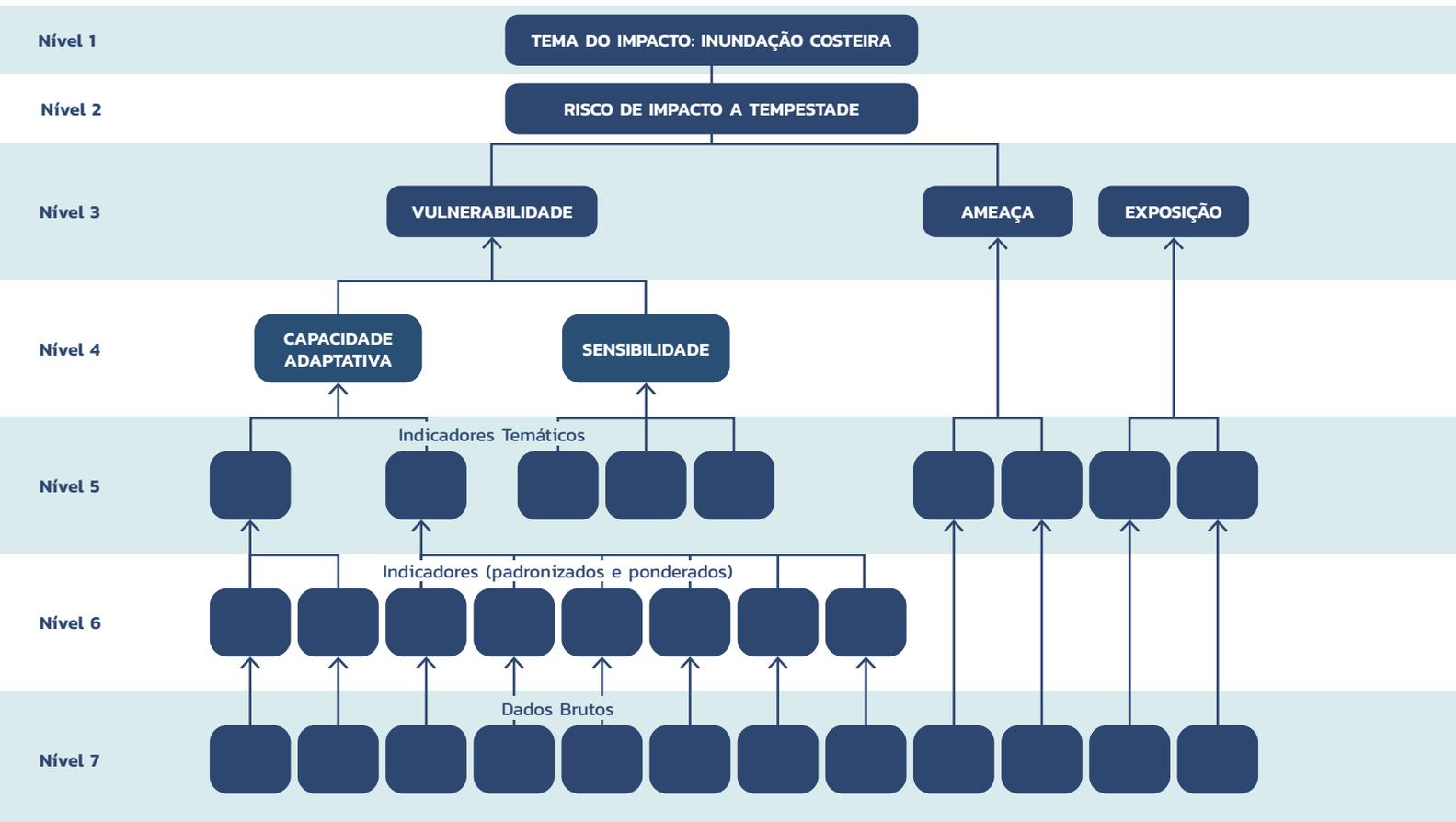
Figura 3: Framework da metodologia empregada pelo IPCC para abordagem de risco.



Elaboração: Elaborado a partir de IPCC (2012).

A Figura 4 abaixo apresenta o modelo de uma estrutura hierárquica da composição de indicadores e índices de risco climático. Com base nesse modelo, foram elaboradas três estruturas hierárquicas, uma para cada ameaça climática analisada, visando identificar todas as variáveis e dados capazes de representar os índices de risco de tempestades, vendavais e aumento do nível do mar (APÊNDICE VII). Os níveis mais baixos da estrutura hierárquica representam variáveis mais específicas e concretas, e os níveis mais altos representam variáveis que melhor se aplicam à análise, porém, com maior grau de subjetividade.

Figura 4: Exemplo de estrutura hierárquica relacional para a construção de indicadores e índices de risco climático



Elaboração: Elaborado a partir do ADAPTABRASIL MCTI (2021).

Os dados para elaboração dos indicadores foram obtidos por meio de levantamento bibliográfico, consultas aos especialistas do setor portuário e aplicação de questionário com os portos públicos selecionados. O detalhamento do cálculo dos indicadores de ameaça, exposição e vulnerabilidade bem como a justificativa dos dados selecionados para compor tais indicadores serão detalhados nas seções seguintes.

A partir dos resultados dos indicadores de ameaça, exposição e vulnerabilidade, foi possível obter os valores do índice de risco climático de tempestades, vendavais e aumento do nível do mar, de modo comparativo entre os 21 portos analisados (Equação 1).

$$\text{Índice de Risco} = \text{Indicador}_E \times \text{Indicador}_A \times \text{Indicador}_V \quad [1]$$

Em que:

Indicador_E: indicador de exposição;

Indicador_A: indicador de ameaça;

Indicador_V: indicador de vulnerabilidade

Com o objetivo de estabelecer uma análise comparativa os índices de risco climático dos 21 portos, considerando todos os horizontes (observado, 2030 e 2050) e cenários (RCP4.5 e RCP8.5), foi realizada a padronização dos resultados, conforme a Equação 2:

$$Z = \frac{\frac{x}{\sigma}}{\max\left(\frac{x}{\sigma}\right)} \quad [2]$$

Em que:

Z: índice de risco padronizado;

X: índice de risco para cada porto em cada período e cenário analisado;

σ: desvio padrão do conjunto de x.

A escala de valores de cada índice de risco climático varia entre 0 e 1, podendo se encaixar nas seguintes classes: muito baixo, baixo, médio, alto, muito alto (Tabela 2).

Tabela 2: Escala de Índice de Risco Climático

FAIXA	CLASSE
$0 \leq a < 0,2$	Muito Baixo
$0,2 \leq a < 0,4$	Baixo
$0,4 \leq a < 0,6$	Médio
$0,6 \leq a < 0,8$	Alto
$0,8 \leq a \leq 1$	Muito Alto

Os índices de risco de tempestades e vendavais foram elaborados para o período observado (1986-2005) e para os períodos de 2021-2040 e 2041-2060, contraídos em 2030 e 2050, respectivamente, considerando os cenários de concentração de gases de efeito estufa na atmosfera RCP4.5 e RCP8.5. Para o índice de risco de aumento do nível do mar foi analisado apenas o risco para os períodos projetados dada a natureza da ameaça.

A análise temporal do risco climático está associada ao indicador de ameaça, dado que, dentre os indicadores envolvidos no cálculo do índice de risco, apenas a ameaça foi avaliada considerando sua variação ao longo do período analisado. Os indicadores de exposição e vulnerabilidade foram considerados como variáveis constantes, atentando-se às condições atuais de cada porto. Assim, ao avaliar esses indicadores como variáveis constantes, foi possível compreender

o quanto uma ameaça climática poderá afetar os 21 portos da costa brasileira, caso o risco se materialize e nenhuma medida de adaptação seja adotada.

Por fim, após a elaboração do índice de risco, realizou-se um ranking dos portos a fim de se identificar aqueles que estão e estarão sobre maior risco de tempestades, vendavais e aumento do nível do mar, comparando os resultados entre o período observado e os projetados para 2050 considerando o cenário RCP8.5. O *ranking* tem como objetivo auxiliar a equipe da Antaq, GIZ e INPE na seleção dos portos que serão incorporados na análise do Eixo 2, subsequente a esse projeto.

3.3 :: Levantamento de Dados

A partir da abordagem de risco climático apresentada, e para obter as informações necessárias para cada termo da equação do risco (Equação 1), a WayCarbon em conjunto com a GIZ, Antaq e INPE, elaborou um questionário eletrônico, precedido de um levantamento da literatura internacional e nacional sobre impactos da mudança do clima no setor portuário (seção 2.1).

Durante a construção do questionário foram realizadas reuniões técnicas com a equipe executora do projeto para a validação de sua estrutura. Além disso, no processo de validação do questionário foi realizado um *Workshop* no dia 20 de agosto de 2020 com a participação de representantes de 25 portos indicados pela Antaq para introduzir a metodologia, a necessidade de dados e informações, e para que os participantes contribuíssem na elaboração do questionário.

Após refinamento, a versão final do questionário constou de 38 questões, separadas ao longo de seis seções, descritas sumariamente a seguir:

- I. Informações Gerais:** 4 perguntas sobre informações genéricas do porto;
- II. Exposição:** 3 perguntas sobre a localização do porto, relacionadas ao grau de exposição às ameaças climáticas;
- III. Ameaça:** 3 perguntas para identificar as ameaças mais relevantes para o porto e o histórico de suas ocorrências;
- IV. Vulnerabilidade (Sensibilidade):** 15 perguntas relativas à sensibilidade do porto aos eventos climáticos, incluindo, idade, reformas, *upgrades*, e limiares críticos de alguns parâmetros;
- V. Vulnerabilidade (Capacidade Adaptativa):** 7 perguntas mais gerais sobre a capacidade de resposta dos portos aos eventos climáticos;
- VI. Informações Complementares:** 3 perguntas que poderiam auxiliar na análise de risco climático, e uma última pergunta aberta para comentários, dúvidas ou sugestões.

O questionário teve como objetivo coletar informações em amplitude sobre como os portos percebem os riscos climáticos presentes e os potenciais, bem como para identificar a disponibilidade de dados relevantes para a futura modelagem de risco. Em outras palavras, o conjunto de perguntas apresentadas no questionário almejavam obter diretamente estimativas dos parâmetros de interesse, ou então dados mais gerais sobre a estrutura, operação e gestão de cada porto, e que serviram para estimar os indicadores de cada variável da Equação 1. Ressalta-se que algumas questões possuem caráter qualitativo e outras quantitativo.

Assim, o método de pesquisa adotado foi a disponibilização de um questionário *online* respondido voluntariamente por autoridades portuárias costeiras selecionadas pela Antaq. O questionário foi enviado no dia 6 de outubro para 25 portos e ficou em aberto por 40 dias.

Dos 25 portos que tiveram acesso ao questionário, 3 foram excluídos da análise, visto que o trabalho tem o foco nos portos públicos da costa brasileira, sendo eles: Porto Organizado de Belém, Porto de Itapoá, Terminal Portuário de PECÉM. Assim, 22 portos públicos costeiros foram selecionados, inicialmente, para a análise de risco climático no setor portuário público da costa brasileira.

Durante o processo de análise dos dados foram encontradas algumas inconsistências nas respostas dos portos. Com vistas a solucionar essas inconsistências foi feita uma revisão individual com cada porto, com exceção ao Porto do Forno, visto que seus representantes não reagiram às tentativas de contato. Sendo assim, dos 22 portos que responderam o formulário, apenas 21 foram considerados na análise de risco climático.

As seções a seguir apresentarão as análises realizadas em cima das respostas das autoridades portuárias, a fim de identificar quais são os impactos que o setor portuário costeiro brasileiro tem sofrido devido à eventos climáticos, a frequência desses impactos, e as ameaças climáticas que afetam os portos da costa brasileira. A partir dessa análise foi possível selecionar as ameaças climáticas trabalhadas, e os dados para elaboração dos indicadores da análise de risco climático.

3.3.1 :: Análise de Impacto Climático nos Portos Costeiros do Brasil

Este capítulo apresenta a análise dos dados relacionados às ameaças climáticas, aos impactos, frequência e limiares críticos, obtidos a partir das quatro perguntas norteadoras (Tabela 3):

Tabela 3: Questões analisadas para a análise discriminada

PERGUNTA NORTEADORA	QUESTÃO	DESCRIÇÃO
Quais são as ameaças climáticas que afetam os portos da costa brasileira?	9 e 10	Identifica, a partir de registros históricos, os eventos climáticos que geraram maiores impactos
Quais são os impactos (danos e prejuízos) que o setor portuário costeiro brasileiro tem sofrido devido a eventos climáticos?	11, 17 e 22	Indica o grau com que cada estrutura, operação e cadeia logística foi afetada pela ameaça climática
A frequência desses impactos está aumentando/diminuindo?	8	Auxilia na compreensão da frequência dos impactos.
Quais são os limiares críticos para cada ameaça climática relacionada a cada impacto climático?	12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25 e 26	Identifica os limiares críticos para as estruturas, as operações e a cadeia logística em relação as ameaças que mais geram impacto

A análise das demais perguntas serão endereças nos capítulos seguintes a este: Ameaça (seção 3.4), Exposição (seção 3.5) e Vulnerabilidade (seção 3.6).

3.3.2 :: Análise Geral

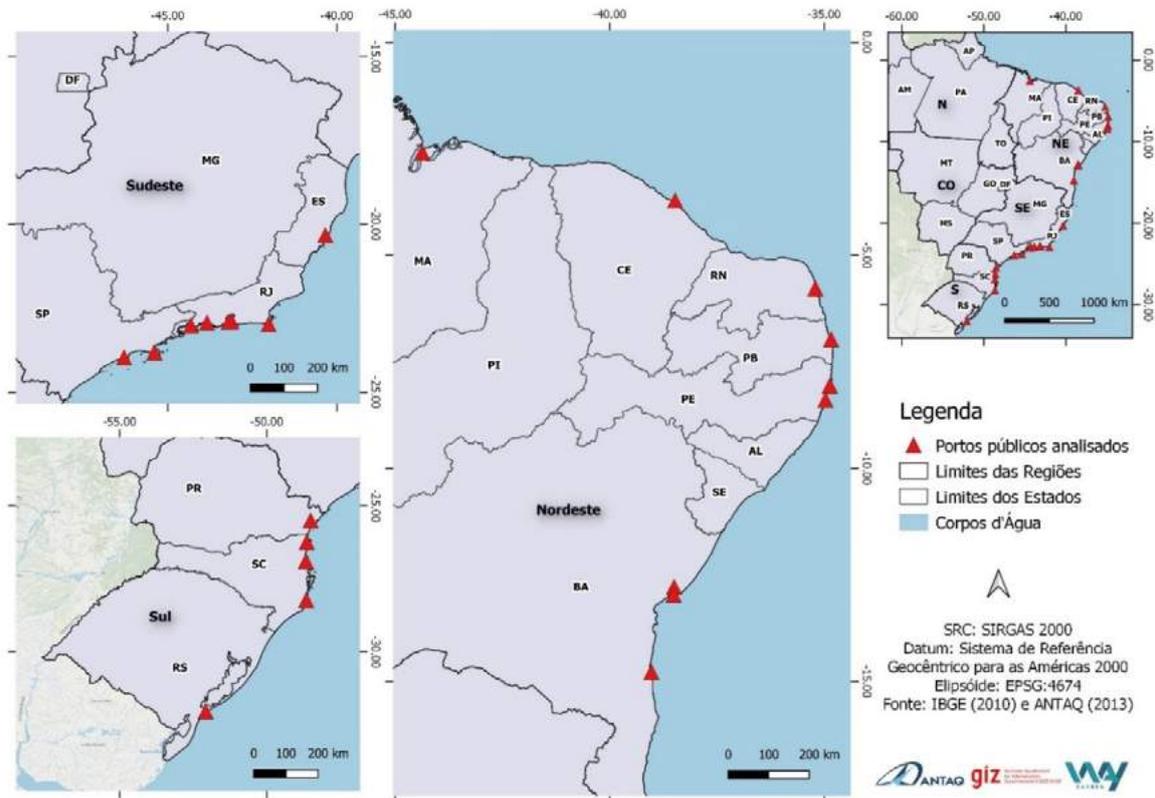
Essa seção apresenta os resultados das informações repassadas pelos respondentes de forma agregada. Um total de 16 autoridades portuárias participaram da pesquisa, correspondendo a 21 Portos Organizados (Tabela 4):

Tabela 4: Lista dos portos da costa brasileira que responderam ao questionário.

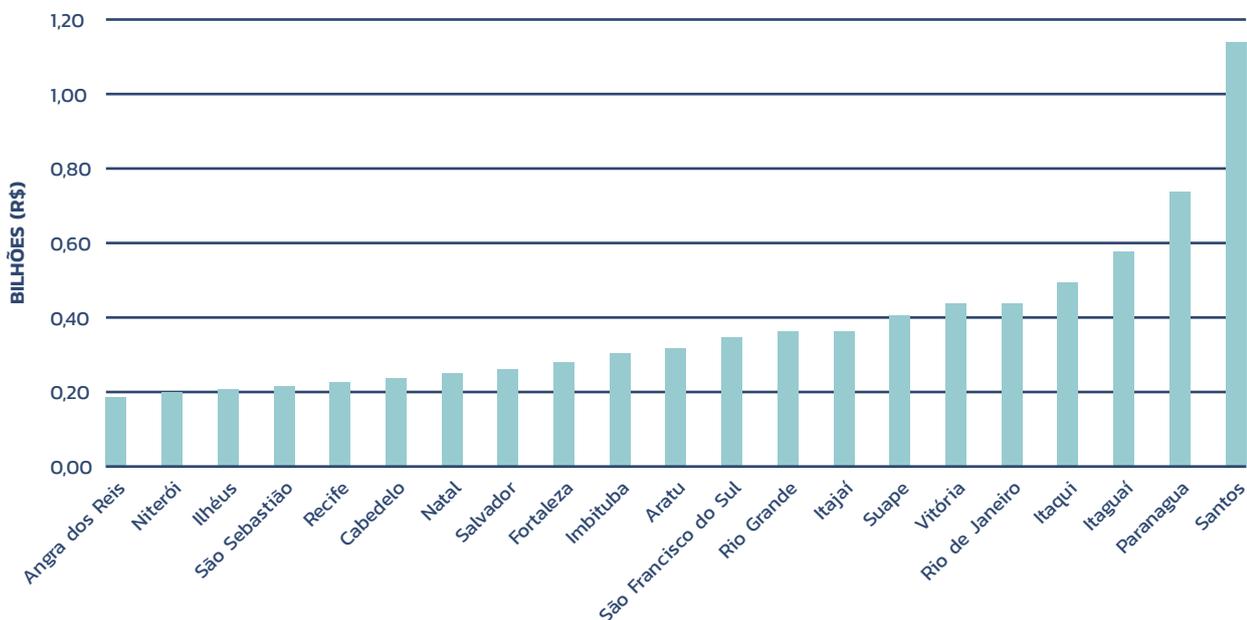
PERGUNTA NORTEADORA	DESCRIÇÃO
COMPANHIA DAS DOCAS DO ESTADO DA BAHIA – CODEBA	Porto de Aratu-Candeias
	Porto de Salvador
	Porto de Ilhéus
COMPANHIA DOCAS DO RIO DE JANEIRO – CDRJ	Porto de Angra dos Reis
	Porto de Niterói
	Porto do Rio de Janeiro
	Porto de Itaguaí
COMPANHIA DOCAS DO RIO GRANDE DO NORTE – CODERN	Porto de Natal
PORTO DE RECIFE S.A.	Porto do Recife
COMPANHIA DOCAS DE SÃO SEBASTIÃO	Porto de São Sebastião
EMPRESA MARANHENSE DE ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA – EMAP	Porto de Itaqui
AUTORIDADE PORTUÁRIA DE SANTOS	Porto de Santos
COMPANHIA DOCAS DO CEARÁ – CDC	Porto de Fortaleza
ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA	Porto de Paranaguá
SCPAR PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL	Porto de São Francisco do Sul
SUPERINTENDÊNCIA DOS PORTOS DO RIO GRANDE DO SUL	Porto do Rio Grande
COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO GOVERNADOR ERALDO GUEIROS	Porto de SUAPE
SCPAR PORTO DE IMBITUBA	Porto de Imbituba
COMPANHIA DOCAS DO ESPÍRITO SANTO – CODESA	Porto de Vitória
COMPANHIA DOCAS DA PARAÍBA	Porto de Cabedelo
SUPERINTENDÊNCIA DO PORTO DE ITAJAÍ	Porto de Itajaí

Fonte: Antaq.

Dos portos costeiros selecionados 9 estão localizados na região Nordeste, 7 na região Sudeste e 5 na região Sul. A amostra, geograficamente dispersa em virtude da extensa faixa litorânea do Brasil, apresenta características próprias tanto em relação a fatores climáticos, quanto à relevância econômica e logística.

Figura 5: Localização dos portos costeiros brasileiros selecionados para análise.

Em relação à relevância econômica, os portos de Paranaguá e de Santos são os que mais se destacam. Tais portos possuem uma expressiva movimentação de carga anual, a qual reflete em sua receita bruta anual (Gráfico 1).

Gráfico 1: Média da receita bruta portuária considerando os dados de 2018 e 2019

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Antaq (2021).

Com base nas informações sobre a movimentação de cargas, repassadas pela Antaq referente aos anos de 2018, 2019 e 2020, ao verificar a média da carga movimentada nos três anos é possível realizar a seguinte classificação:

- **Baixa relevância:** Angra, Niterói e Ilhéus – movimentação inferior à 500.000 toneladas por ano;
- **Média relevância:** Natal, São Sebastião, Cabedelo e Recife – movimentação inferior à 2.000.000 de ton/ ano;
- **Relevantes:** Fortaleza, Salvador, Itajaí, Imbituba, Aratu, Vitória, Rio de Janeiro e São Francisco do Sul – movimentação inferior à 15.000.000 ton/ano;
- **Alta relevância:** Rio Grande, Itaquí, Suape, Itaguaí, Paranaguá e Santos– movimentação acima de 15.000.000 ton/ano.

Além do porte, ou relevância econômica, os portos podem ser classificados de diversas outras maneiras para se avaliar o grau de risco a eventos climáticos. Por exemplo, regionalmente, a princípio, os portos das regiões Sul e Sudeste são muito mais vulneráveis a tempestades e chuvas intensas do que os portos da região Nordeste – por conta das características climáticas de cada uma dessas regiões. Os vendavais também atingem mais fortemente os portos do Sul e Sudeste, mas há ocorrência de ventos fortes em portos do nordeste com impacto às vezes significativo.

Em termos de ressacas, inundações fluviais e erosão costeira, por outro lado, os portos podem ser classificados entre os localizados em mar aberto e os localizados em áreas abrigadas. Na análise discriminada será feita considerações sobre tais recortes.

3.3.2.1 :: Ameaça Climática

Para entender quais ameaças climáticas que historicamente afetam os portos, bem como auxiliar na seleção de quais serão modeladas a partir de cenários de mudança do clima, nas questões 9 e 10 foi pedido que os portos elencassem até três eventos climáticos que já causaram os maiores impactos na história do porto, apontando o tipo de evento e data da ocorrência. A Tabela 5 abaixo indica as ameaças consideradas, o número de portos que as elegeram como significativas, e a frequência relativa:

Tabela 5: Análise da relevância das ameaças climáticas para o setor portuário da costa brasileira. Questão 9 do questionário.

AMEAÇA CLIMÁTICA	RESPOSTAS	FREQUÊNCIA
TEMPESTADES/CHUVA TORRENCIAL	16	76,19%
VENDAIVAS	14	66,67%
RESSACAS	6	28,57%
EROSÃO COSTEIRA	2	0,00%
NEBLINA	2	9,52%
AUMENTO DO NÍVEL DO MAR	3	14,29%
INUNDAÇÕES FLUVIAIS	1	4,76%
INUNDAÇÕES COSTEIRAS	0	0
ONDAS DE CALOR	0	0

A Tabela 5 evidencia as tempestades/chuvas torrenciais, os vendavais e as ressacas, como as principais ameaças a serem consideradas para análise de impacto climático nos portos.

A distribuição geograficamente esparsa dos portos e, como supramencionado, as diferentes influências climatológicas a que cada um está exposto contribuem diretamente para a correlação dos eventos extremos relatados. Especificamente, em relação às ressacas, observa-se que os portos situados em mar aberto, como Fortaleza, Ilhéus, Imbituba, Recife e SUAPE indicam ser uma ameaça relevante. Além disso, as ressacas, que possuem uma relação indireta com o aumento do nível do mar e direta ocorrência de ciclones tropicais / extratropicais, também estão entre os eventos destacados.

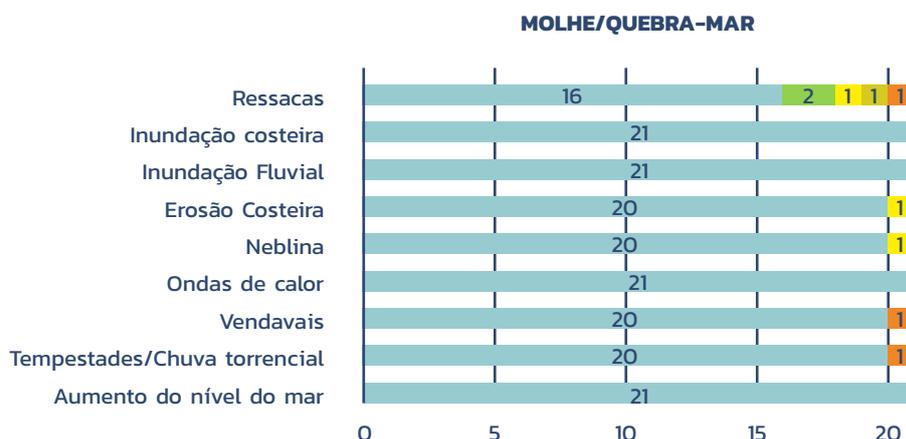
Dos 27 eventos extremos descritos e datados, chama atenção que, à exceção das chuvas torrenciais que acometeram Angra dos Reis em 2002 e Itajaí em 2008, todos os outros eventos extremos relatados ocorreram nos últimos 10 anos. Destaca-se que deste total, 17 ocorreram em 2019 e 2020. Maiores detalhes sobre os eventos relatados estão descritos na análise discriminada.

3.3.2.2 :: Impacto

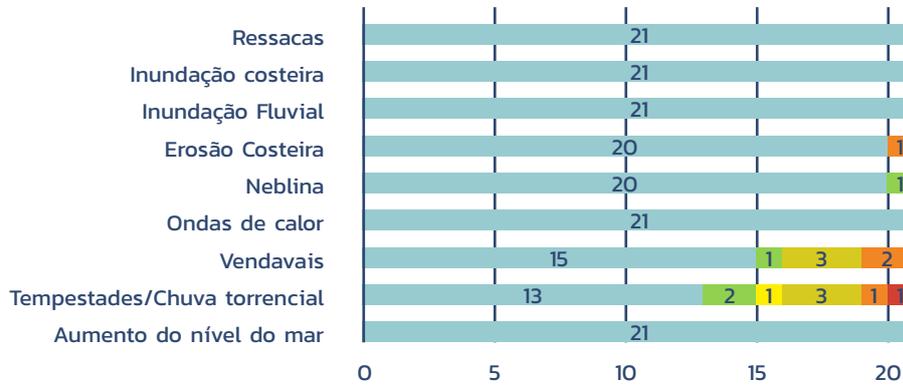
Os danos e prejuízos causados pelas mudanças do clima no setor portuário podem ser os mais diversos possíveis, a depender da particularidade de cada porto. Para compreender e mensurar os efeitos já observados causados por fatores climáticos nos portos da costa brasileira, a análise foi realizada em termos de grau de impacto, considerando limites para integridade e funcionalidade (1) das estruturas portuárias, (2) das operações portuárias, e (3) logística. A intensidade dos impactos foi medida em uma escala de 0 a 5, sendo: 0 – Nunca foi afetado; 1 – Leve; 2 – Moderado; 3 – Grave; 4 – Severo; 5 - Catastrófico.

A questão 11 refere-se ao nível histórico com que cada estrutura do porto foi afetada negativamente por ameaças pré-selecionadas. As estruturas consideradas foram: molhe/ quebra-mar, berço, canal de acesso, pátio de armazenamento e equipamentos de movimentação de carga. A Figura 6 abaixo apresenta os resultados obtidos:

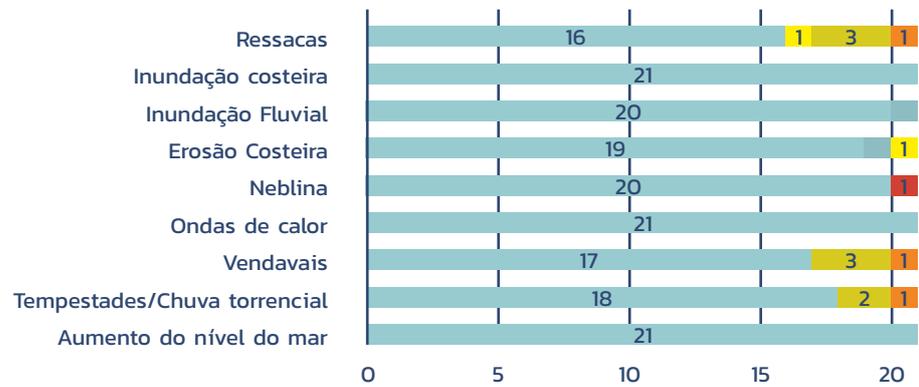
Figura 6: Análise do grau do impacto negativo provocados pela ocorrência das ameaças climáticas nas estruturas portuárias – questão 11 do questionário.



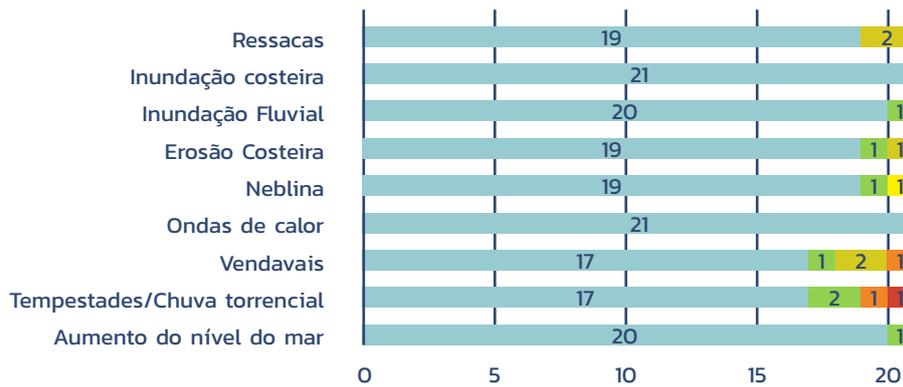
PÁTIO DE ARMAZENAMENTO



CANAL DE ACESSO



BERÇO



**Escala**

- **0** – Nunca foi afetado
- **1 – Leve:** reparo/manutenção por pessoal do porto (sem afetar as atividades)
- **2 – Moderado:** reparo/manutenção por pessoal do porto (até 24h para reparo)
- **3 – Grave:** reparo/manutenção por pessoal externo
- **4 – Severo:** reforma que afeta alguma atividade do porto por mais de 10 dias
- **5 – Catastrófico:** perda total da estrutura

De maneira geral observa-se que, de acordo com as respostas obtidas no questionário, as estruturas portuárias não têm sido afetadas pelos eventos climáticos. Apenas pátios de armazenamento e equipamentos de movimentação de carga têm apresentado uma maior vulnerabilidade a eventos climáticos, principalmente a tempestades e vendavais.

Os impactos severos e catastróficos foram majoritariamente causados por tempestades/chuvas torrenciais e vendavais. Ressalta-se que apenas o porto de Paranaguá teve impactos catastróficos causados por eventos de pluviosidade. Como antevisto, os portos da Região Nordeste reportaram poucos, ou raros, eventos de chuva e tempestades mais severos. Nessa Região, as ameaças são bem menos impactantes que nas Regiões Sul/Sudeste, sendo os vendavais a ameaça mais relevante junto com as chuvas intensas (de mais curta duração) – detalhes na seção das análises discriminadas.

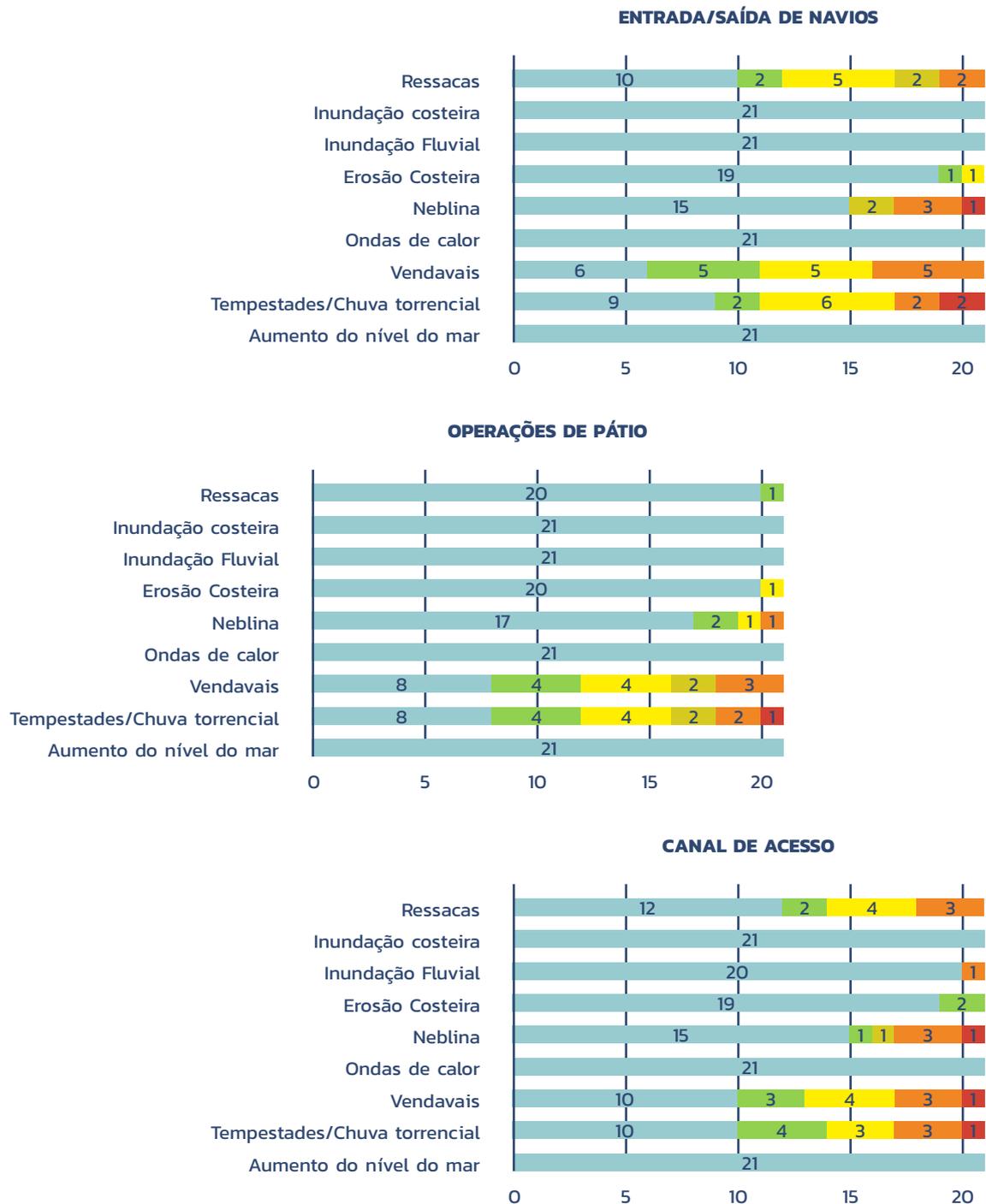
As ressacas têm causado impactos relevantes em algumas estruturas, excluindo os pátios de armazenamento, e a neblina causado um impacto ainda menor e pontual, tendo uma única ocorrência de paralisação considerada catastrófica – também no Porto de Paranaguá.

As ameaças climáticas relacionadas a inundação costeira e fluvial, ondas de calor e aumento do nível do mar não se mostraram relevantes em termos de impacto negativo nas estruturas portuárias.

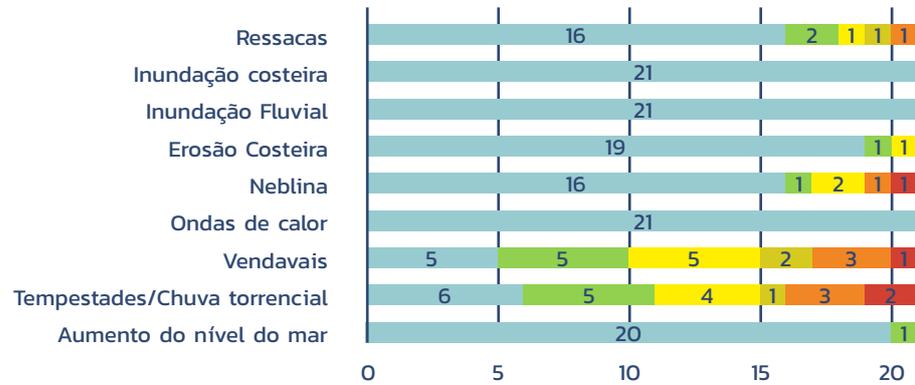
A questão 17 perguntou o nível histórico com que a operação foi afetada negativamente por cada ameaça. No caso, foram abordados os seguintes componentes da operação: entrada/ saída de navios, operação no berço, operação de pátio, operação de armazéns e operações no canal de acesso.

A Figura 7 abaixo apresenta os resultados das respostas do questionário.

Figura 7: Análise do grau do impacto negativo provocados pela ocorrência das ameaças climáticas nas operações portuárias – questão 17 do questionário



OPERAÇÃO NO BERÇO



OPERAÇÃO DE ARMAZÉNS



Escala

- **0** – Nunca foi afetado
- **1 – Leve:** monitoramento das condições. Sem intervenção
- **2 – Moderado:** interrupção parcial/pontual de uma atividade (pode afetar até 20% da operação)
- **3 – Grave:** interrupção de 2 ou mais atividades (pode afetar de 21 a 99% da operação)
- **4 – Severo:** parada total das atividades por curto período (paralisação por até 10 dias)
- **5 – Catastrófico:** parada total das atividades por mais de 10 dias

Os resultados apresentados acima apontam que a operação é mais afetada pelas ameaças climáticas do que a estrutura portuária em si. Isso já era esperado, tendo em vista que, por uma questão de segurança e atendimento às normas, a operação é paralisada antes que as ameaças climáticas causem danos e prejuízos catastróficos às estruturas.

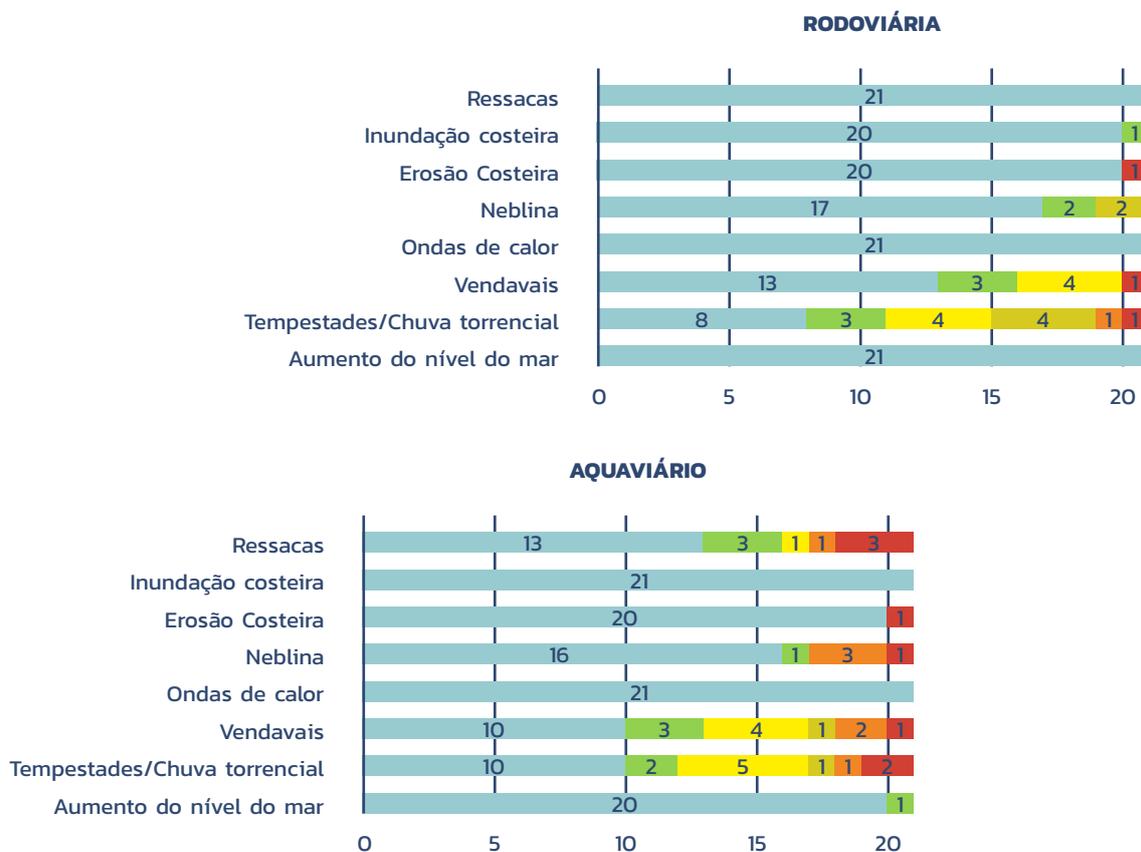
Todos os tipos de operações já foram afetados de forma catastrófica ou severa por algum evento climático, e de forma mais ou menos uniforme entre os cinco tipos de operação. Tempestades e vendavais são, novamente, os eventos mais impactantes, e a neblina passa a ser mais impactante que no caso das estruturas. As ressacas aparecem como relevantes no caso das operações do berço, canal de acesso e entrada e saída de navios.

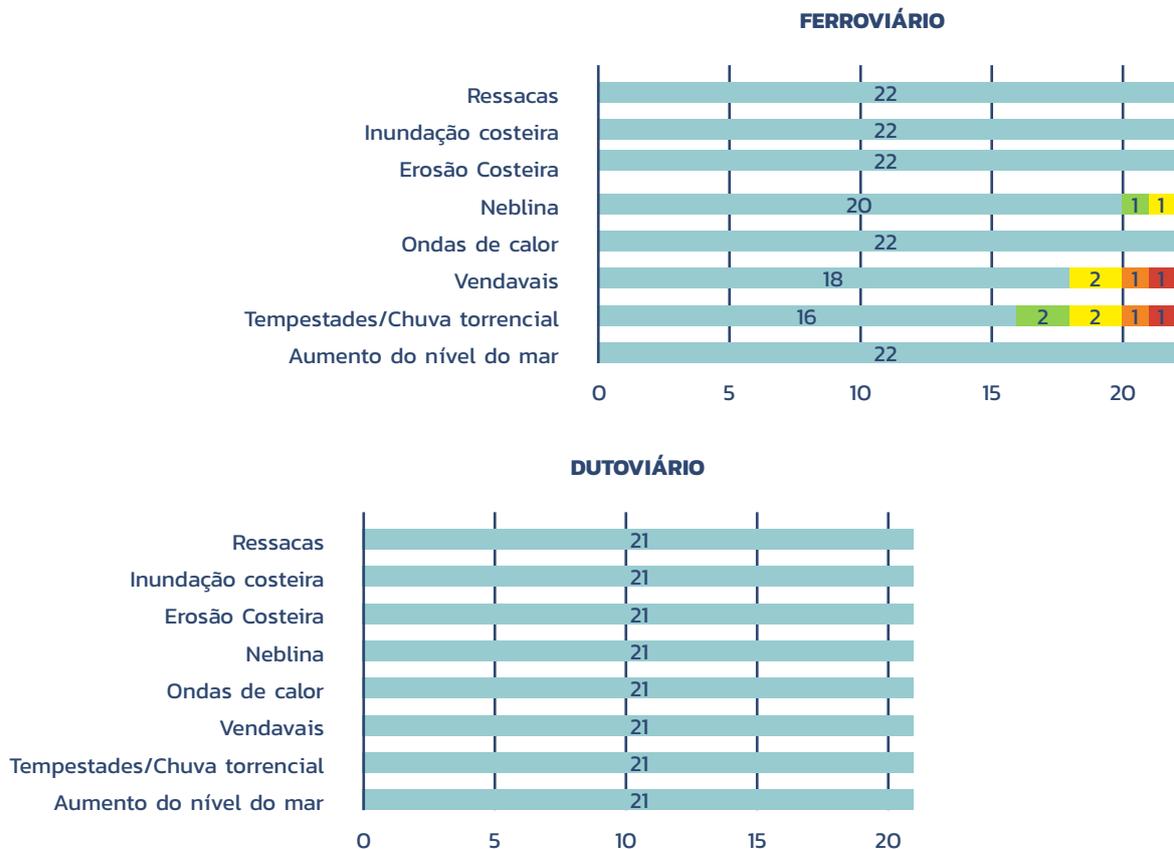
Como no caso das estruturas portuárias, as ameaças climáticas de inundação costeira e fluvial, onda de calor e aumento do nível do mar se mostraram pouco relevantes em termos de impacto negativo nas operações portuárias. Na análise discriminada por porto será possível entender qual o quadro de cada um.

Finalmente, a questão 22 refere-se ao nível histórico com que cada um dos modais logísticos do entorno do porto (rodoviário, ferroviário, aquaviário e dutoviário) foi afetado negativamente por cada ameaça.

A Figura 8 abaixo sumariza as respostas obtidas.

Figura 8: Análise do grau do impacto negativo provocado pela ocorrência das ameaças climáticas na cadeia logística portuária. Questão 22 do questionário.



**Escala**

- **0** – Nunca foi afetado
- **1 – Leve:** monitoramento das condições. Sem intervenção
- **2 – Moderado:** interrupção parcial/pontual do acesso
- **3 – Grave:** interrupção do acesso porém com alternativa, atrasando a cadeia logística
- **4 – Severo:** interrupção do acesso por até 24h
- **5 – Catastrófico:** interrupção por mais de 24h

Nota-se que o acesso dutoviário de nenhum porto foi afetado por qualquer das ameaças climáticas indicadas. Isso mostra que esse tipo de acesso não é muito afetado pelos eventos climáticos que já ocorreram, entretanto, vale a pena destacar que esse quadro pode mudar com ameaças futuras mais intensas.

Observa-se também que, ainda que tenham sido relatados alguns casos de interrupção do acesso ferroviário por mais de um dia, esse acesso também se mostrou menos impactado pelos eventos climáticos quando comparado ao acesso rodoviário e aquaviário.

Em relação a cadeia logística é possível observar que o aumento do nível do mar, inundação costeira e fluvial e onda de calor se mostraram pouco relevantes em termos de impacto negativo. De maneira geral, considerando as ameaças mais severas por tipo de modal logístico tem-se a seguinte situação (ameaças com nota acima de 3):

- **Rodoviário:** erosão costeira, neblina, vendavais e tempestades/chuvas torrenciais;
- **Ferrovário:** neblina, vendavais e tempestades/chuvas torrenciais;
- **Aquaviário:** ressacas, erosão costeira, neblina, vendavais, tempestades/chuvas torrenciais;

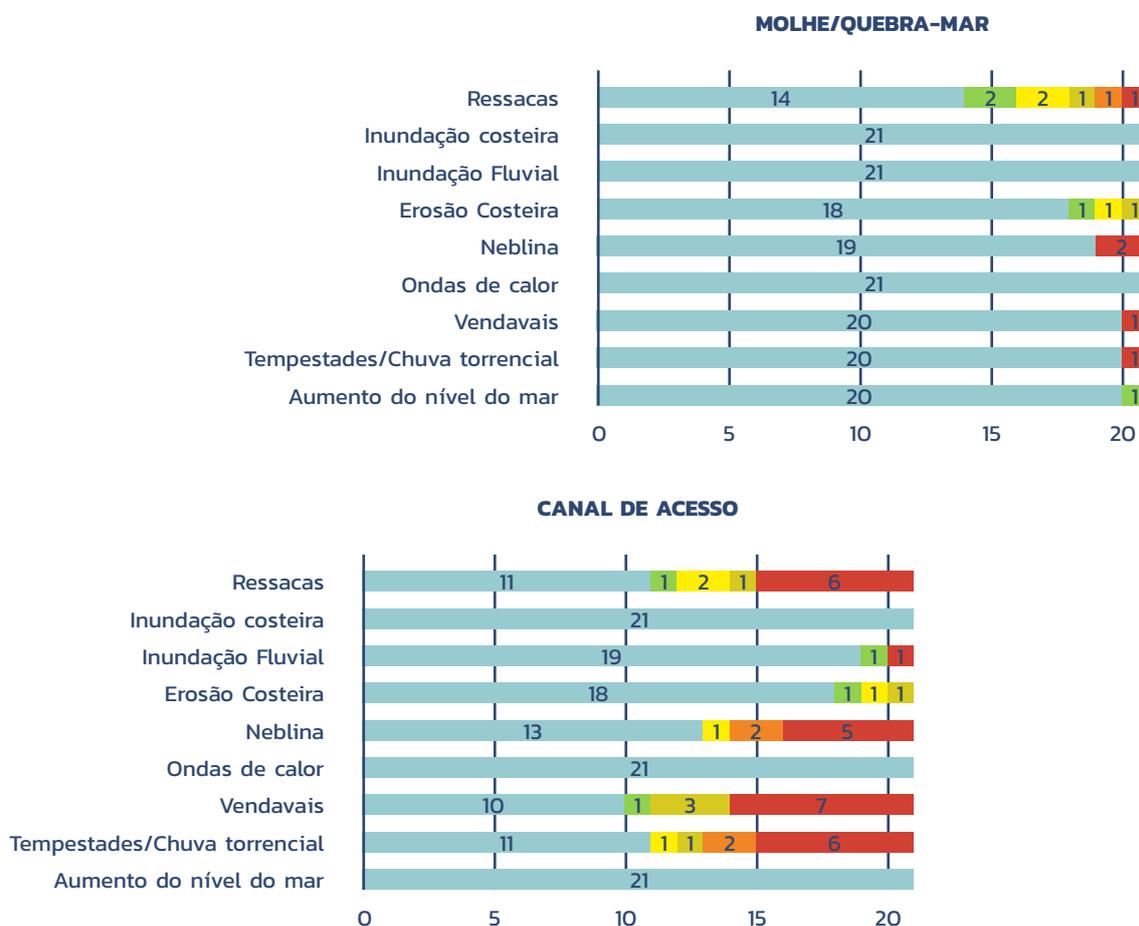
Na análise discriminada será possível entender a situação das vulnerabilidades da cadeia logística modal de cada porto.

3.3.2.3 :: Frequência das Ameaças Climáticas

Para auxiliar a compreensão dos impactos relacionados aos eventos climáticos, na questão 8 os portos indicaram a frequência com que determinadas estruturas foram impactadas negativamente (com interrupção na operação, ou danos à infraestrutura).

Para compreender a frequência das ameaças climáticas foi perguntado em uma escala de 0 a 5, a quantidade de vezes que cada estrutura do porto foi impactada negativamente nos últimos 20 anos, considerando-se o pátio de armazenamento, berço, equipamento de movimentação de carga, canal de acesso, molhe/quebra-mar e cadeia logística (Figura 9).

Figura 9: Frequência das ameaças climáticas sobre as estruturas portuárias. Questão 8 do questionário.



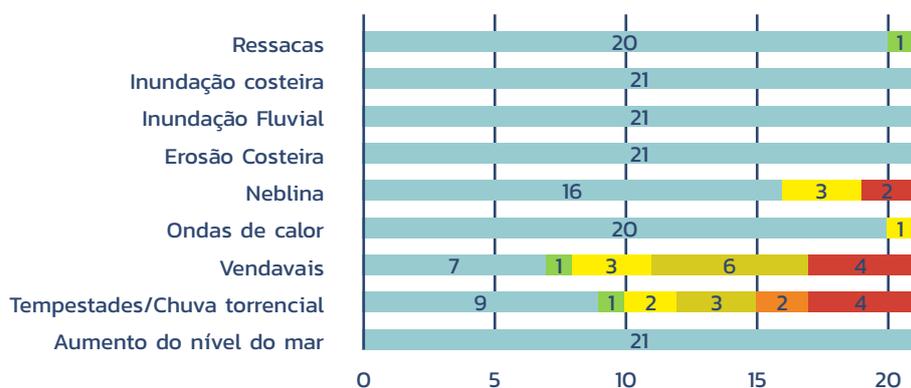
BERÇO

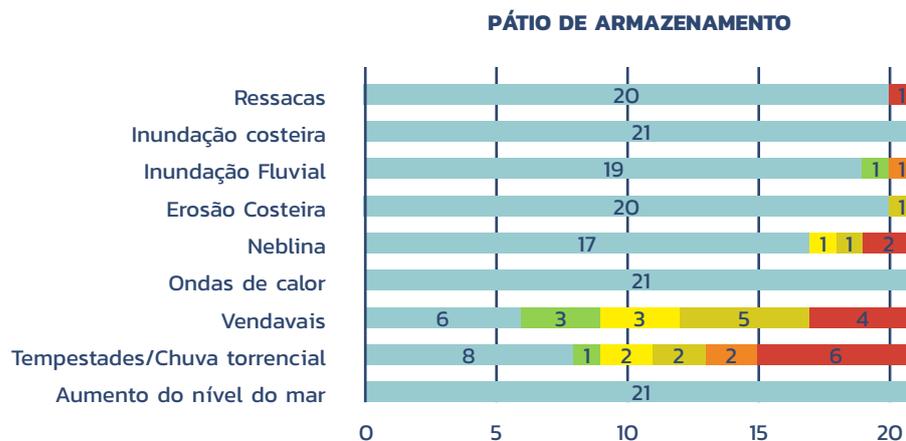


CADEIA LOGÍSTICA



EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS



**Escala**

- 0 – Nunca foi afetado
- 1 – 1 vez em 20 anos
- 2 – 1 vez em 10 anos
- 3 – de 2 a 5 vezes em 10 anos
- 4 – de 6 a 9 vezes em 10 anos
- 5 – pelo menos 1 vez por ano

De forma geral, a Figura 9 mostra que as ameaças que se mostraram mais frequentes, segundo os dados repassados pelos portos, foram as tempestades/chuvas torrenciais, ressacas e vendavais. Nota-se que, pelo menos um dos 21 portos responderam que a frequência de tais ameaças é de pelo menos 1 vez por ano.

Ao analisar a frequências das inundações costeiras, ondas de calor e aumento do nível do mar nota-se que tais ameaças não são frequentes para os portos analisados. Dentre essas, destaca-se que para as inundações costeiras, nenhum dos respondentes apontaram um nível de frequência.

A erosão costeira e inundação fluvial também não se mostraram tão frequentes. Entretanto, um respondente apontou que elas ocorrem pelo menos uma vez por ano no porto o qual representa. Para erosão costeira, tal frequência foi apontada pelo porto de Angra dos Reis, podendo ser justificado pela localização do porto em uma área com a presença de muitos morros, havendo deslocamento de terras de forma frequente. Já a inundação fluvial foi apontada pelo porto de Rio Grande visto a sua localização na Lagoa dos Patos, onde há ocorrência de cheias devido a fortes tempestades, e, conseqüentemente, inundações fluviais.

Em geral, os resultados sobre a frequência das ameaças climáticas corrobora com o que foi apresentado na análise das ameaças climáticas que mais afetaram os portos da costa brasileira (item 4.1.1).

3.3.2.4 :: Limiares Críticos

Para a análise do risco climático é importante conhecer limiares críticos das ameaças climáticas em relação à operação, às estruturas e às cadeias logísticas de cada porto. Esses limiares podem ser comparados com as projeções dos modelos climáticos no futuro, permitindo identificar as maiores vulnerabilidades. Alguns desses limiares são usados mais corriqueiramente – por exemplo, limiares de vento e precipitação para determinar a interrupção de operações. Outros são menos conhecidos e pouco trabalhados.

As variáveis consideradas foram o aumento do nível médio do mar, nível da água em tempestades, velocidade do vento, temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação. As questões 12, 13, 14, 15 e 16 perguntaram, então, quais os limiares críticos em relação a essas variáveis para a manutenção da integridade e funcionalidade das estruturas do porto. As questões 18 a 21 fizeram a mesma pergunta em relação à integridade e funcionalidade das operações do porto, e as perguntas 23 a 26 em relação à integridade e funcionalidade da cadeia logística dos portos.

As respostas de cada porto serão exploradas em profundidade na análise discriminada apresentada na seção seguinte. Em termos gerais, cabe notar que nenhum porto identificou limiar crítico para as estruturas pesquisadas em relação à temperatura mínima, e que somente o Porto de Fortaleza indicou limiar de temperatura máxima e de precipitação para molhe/ quebra-mar. Também não foram identificados limiares para nível da água em tempestades para pátios de armazenamento.

Velocidade do vento e precipitação, são as principais variáveis monitoradas e que possuem limiar crítico conhecidos pelos portos, principalmente relacionados a operação e infraestrutura. Em relação à logística, apenas para o modal dutoviário, não foi apontado nenhum limiar crítico, muito provavelmente, por não ter sido impactado por nenhuma ameaça climática, como identificado na questão 22. Mais uma vez, os limiares relacionados a velocidade do vento e precipitação, foram os mais apontados pelos portos.

Na análise discriminada por porto, será possível entender qual o quadro de cada um dos portos.

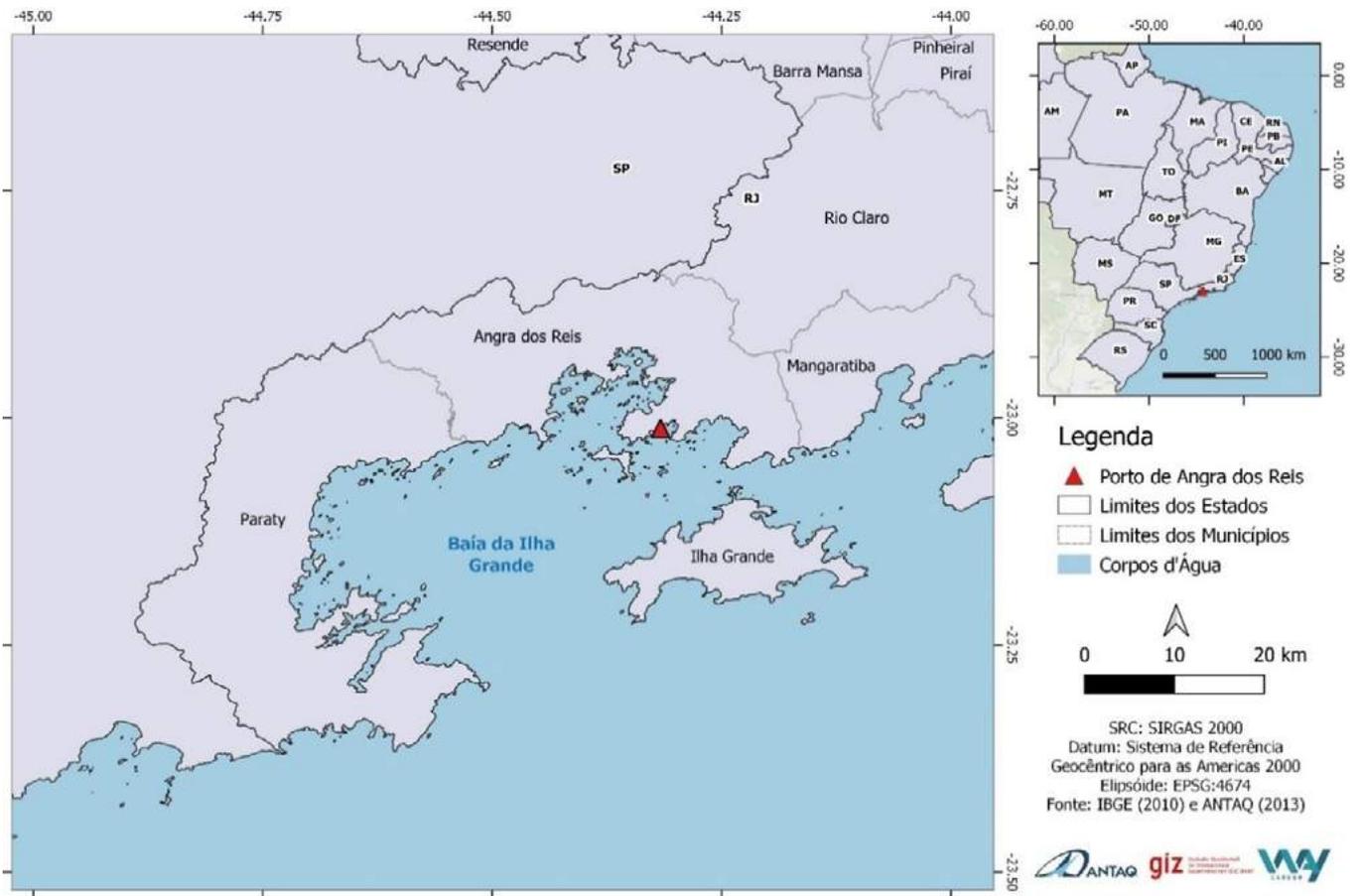
3.3.3 :: Análise Discriminada

A presente seção apresenta a análise dos resultados de forma separada por porto, respondendo como os portos já estão sendo afetados por eventos climáticos, a frequência que isso vêm acontecendo, quais são as ameaças climáticas e seus limiares críticos que podem causar impactos.

3.3.3.1 :: Porto de Angra dos Reis

O Porto de Angra dos Reis, administrado pela Companhia Docas do Rio de Janeiro (CDRJ), está localizado no município de Angra dos Reis-RJ, na Baía da Ilha Grande, no litoral sul do estado do Rio de Janeiro (Figura 10). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimentou apenas carga geral, sendo registradas em média 877 toneladas.

Figura 10: Localização do Porto de Angra dos Reis.



AMEAÇAS

Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Angra dos Reis apontou a ocorrência de 2 eventos extremos, sendo eles: as tempestades/chuvas torrenciais ocorridas no dia 10 de dezembro de 2002 e 31 de dezembro de 2009/01 de janeiro de 2010. A chuva da virada do ano de 2009 para 2010, registrou um acumulado de 142,9 mm em 24 horas, sendo considerado um dos maiores desastres na região e no contexto brasileiro³.

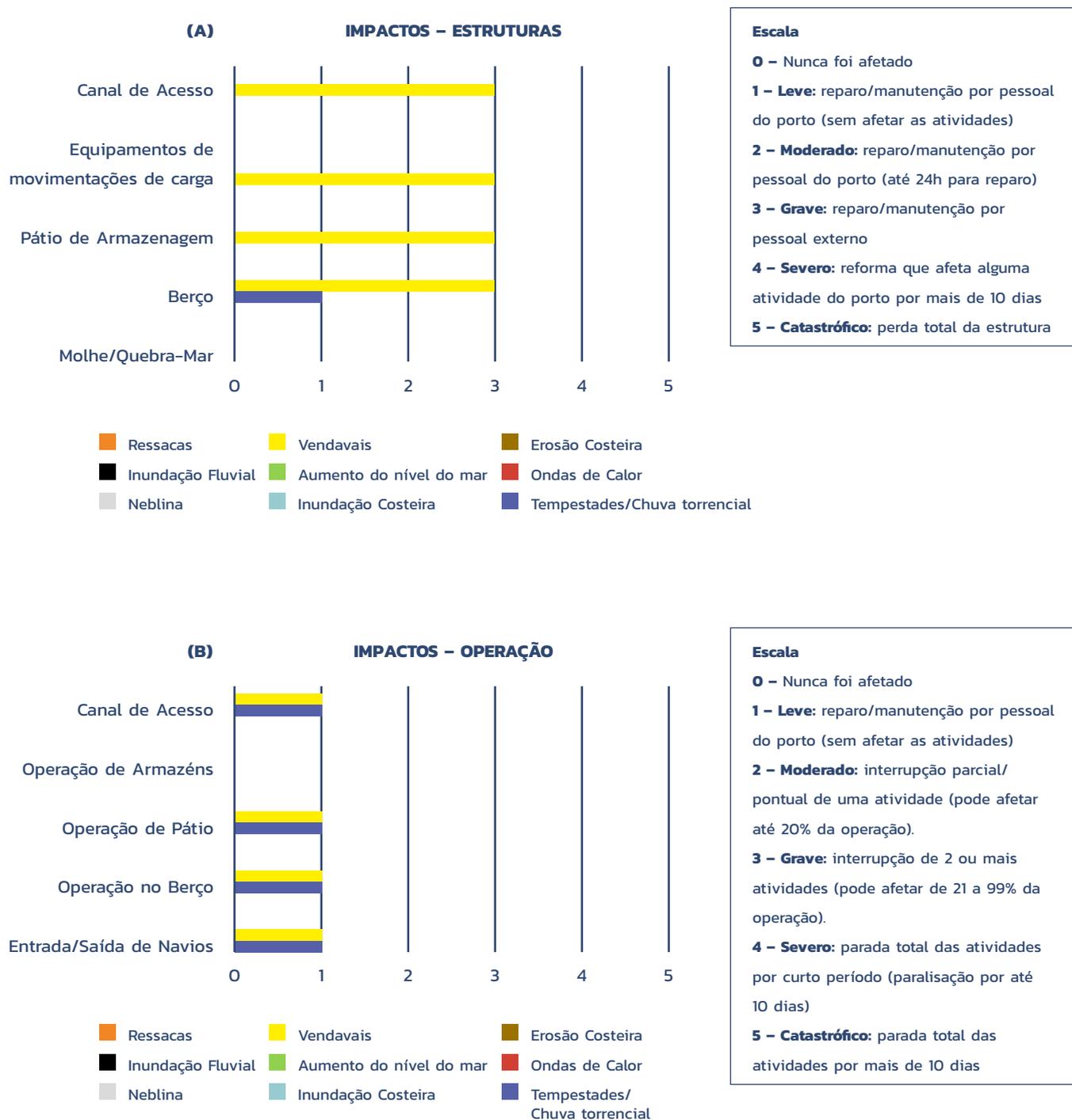
Por meio das questões referentes aos impactos e frequência das ameaças, tem-se, além das tempestades/chuvas torrenciais, os vendavais e erosão costeira como ameaças climáticas relevantes e que já geraram algum tipo de impacto para o Porto de Angra dos Reis.

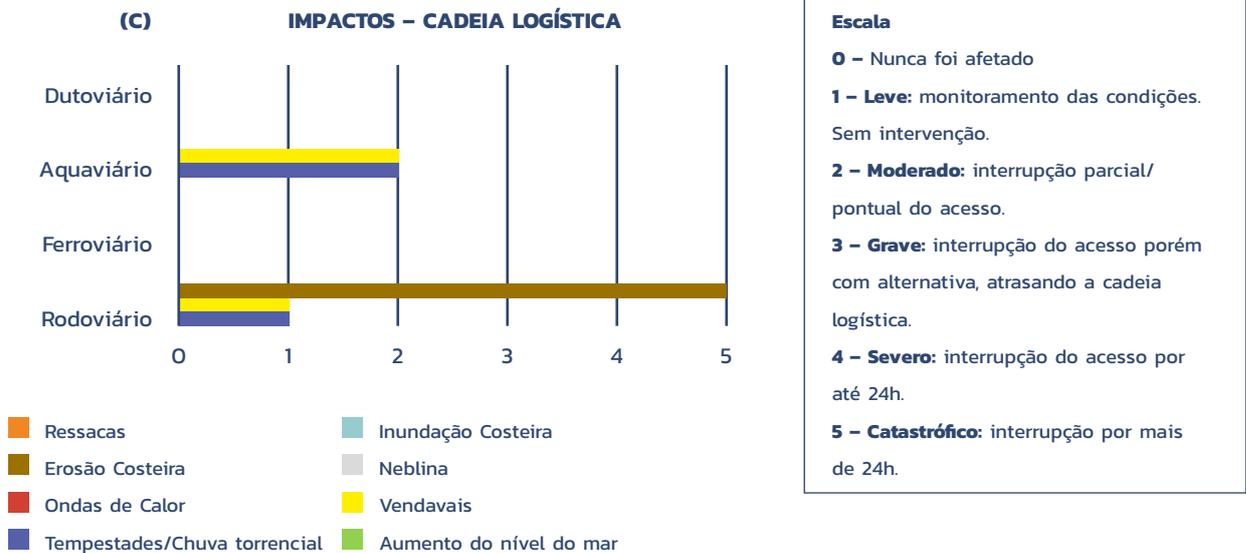
3. Matéria disponível em: <http://g1.globo.com/especiais/eleicoes-2010/noticia/2010/08/angra-dos-reis-ainda-se-recupera-das-chuvas-do-reveillon-de-2009.html>.

IMPACTOS

A Figura 11 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Angra dos Reis relatou sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 11: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Angra dos Reis: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

- I. **Vendavais:** As estruturas canal de acesso, equipamentos de movimentação de cargas, pátio de armazenagem e berço já sofreram impactos de grau 3 devido aos vendavais, o que representa um impacto grave, havendo a necessidade de reparo/manutenção por pessoal externo.
- II. **Tempestades:** O berço já foi impactado devido a tempestades de grau 1, o que representa um impacto leve, havendo apenas um reparo/manutenção por pessoal do porto, sem afetar as atividades.

Operação

- I. **Vendavais:** As operações do canal de acesso, pátio, berço e entrada/saída de navios foram afetadas pelos vendavais com um impacto de grau 1, classificado como leve, o que significa que houve a necessidade de reparo/manutenção por parte do pessoal do porto, sem afetar as atividades.
- II. **Tempestades:** As operações do canal de acesso, pátio, berço e entrada/saída de navios foram afetadas pelas tempestades com um impacto de grau 1, classificado como leve, o que significa que houve a necessidade de reparo/manutenção por parte do pessoal do porto, sem afetar as atividades.

Cadeia Logística:

- I. **Vendavais:** Para o acesso aquaviário o grau de impacto causado pelos vendavais foi classificado como 2, o que significa um impacto moderado, onde houve uma interrupção parcial/pontual do acesso. Para o rodoviário, os vendavais já causaram um impacto de grau 1, classificado como leve, havendo a necessidade de um monitoramento das condições, sem intervenção.

II. Tempestades/chuvas torrenciais: Para o acesso aquaviário o grau de impacto causado pelas tempestades foi classificado como 2, o que significa um impacto moderado, onde houve uma interrupção parcial/pontual do acesso. Para o rodoviário, as tempestades já causaram um impacto de grau 1, classificado como leve, havendo a necessidade de um monitoramento das condições, sem intervenção.

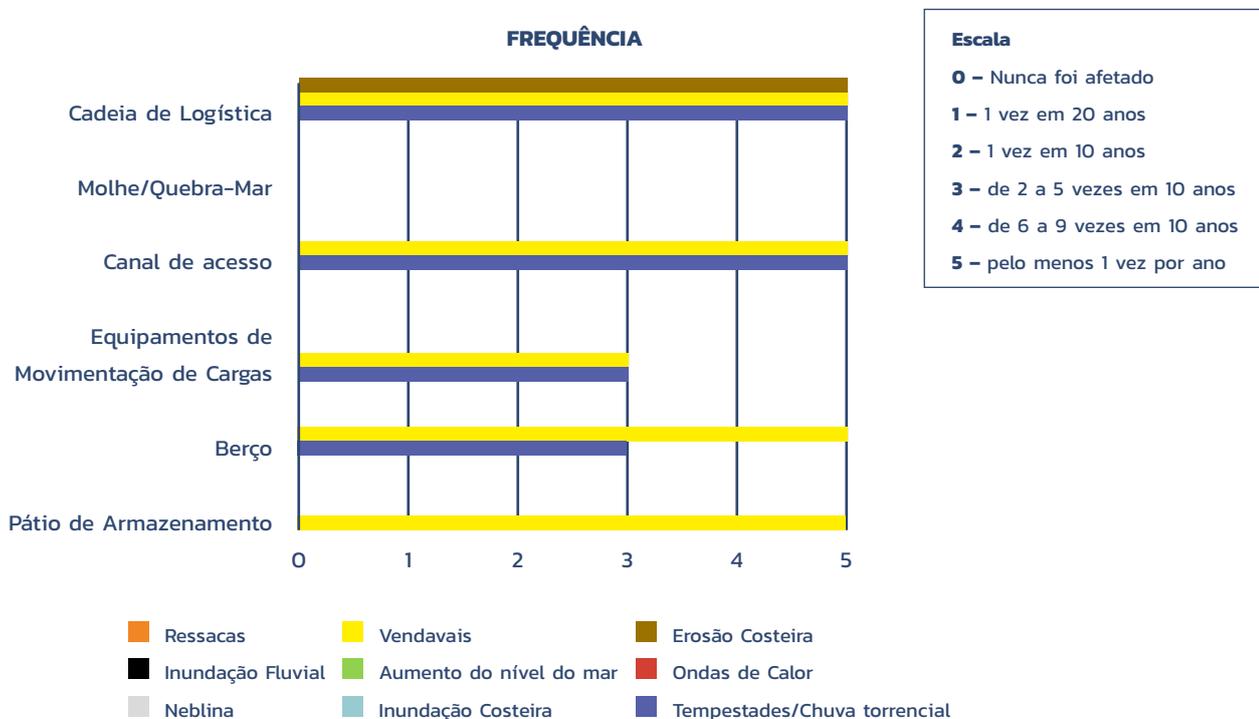
III. Erosão Costeira: Para o acesso rodoviário, a ameaça erosão costeira já ocasionou um impacto de grau 5, classificado como catastrófico, ocorrendo a interrupção por mais de 24 horas do acesso.

Ressalta-se que o Porto de Angra dos Reis não possui nenhum equipamento de movimentação de cargas (como indicado na questão 5). No entanto, segundo os respondentes, o porto utiliza guindaste de bordo ou guindaste terceirizado, sendo indiretamente afetado quando algum impacto ocorre nesses equipamentos. Assim, a questão 11 foi respondida considerando essa ressalva.

FREQUÊNCIA

De acordo com as respostas do Porto de Angra dos Reis para a questão 8, as ameaças climáticas vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e erosão costeira, foram as que ocorreram com mais frequência nos últimos 10 anos (Figura 12).

Figura 12: Resultados da questão 8 do Porto de Angra dos Reis: frequência das ameaças climáticas com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Nota-se que os vendavais vêm causando impacto pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística, no canal de acesso, no berço e no pátio de armazenamento. Já nos equipamentos de movimentação de cargas, os vendavais causam impacto com uma frequência de 2 a 5 vezes em um período de 10 anos.

Já as tempestades/chuvas torrenciais, afetaram pelo menos 1 vez por ano a cadeia logística e o canal de acesso. No berço e nos equipamentos de movimentação de cargas, tal ameaça possui uma frequência que varia de 2 a 5 vezes em um período de 10 anos. E, a erosão costeira causa impacto em uma frequência de pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 6 abaixo apresenta os limiares críticos apontados em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística do Porto de Angra dos Reis:

Tabela 6: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 a 21 (limiares críticos nas operações) e 23 a 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Angra dos Reis.

PORTO DE ANGRA DOS REIS		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	2,5	N/A	60	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	2,5	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Ferrovário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	2,5	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas vendavais, erosão costeira e tempestades/chuvas torrenciais são as que já geraram algum impacto para o Porto de Angra dos Reis, faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/hora) e precipitação (mm/dia), para o pleno funcionamento do porto. Entretanto, observa-se que os respondentes indicaram somente a velocidade do vento e aumento do nível do mar, para a operação e modal aquaviário.

Realizando um paralelo com a questão 35, no qual o porto respondeu se é feito um monitoramento de informações climáticas, observa-se para as duas ameaças não há um monitoramento por parte do porto. Segundo os respondentes, para a velocidade do vento quem realiza o monitoramento é a Marinha, e para Precipitação (precipitação média e extremos de precipitação) a resposta foi N/A (não se aplica).

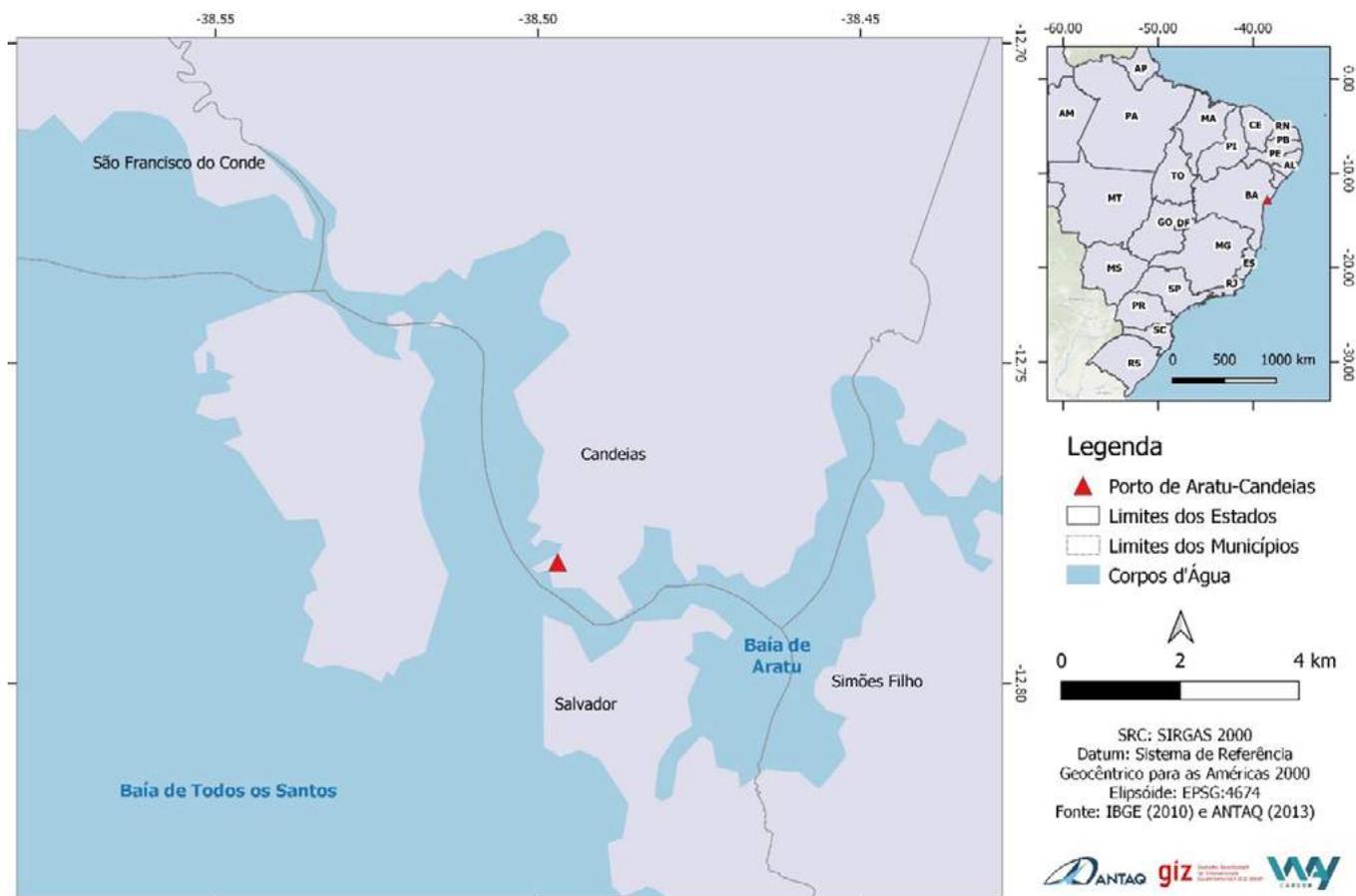
SÍNTESE

Do ponto de vista econômico, o Porto de Angra dos Reis possui pequena relevância no contexto nacional. Em relação a sua localização o Porto se beneficia por estar localizado em uma baía e, ainda, a ilha de Ilha Grande está situada à frente da estrutura portuária (cerca de 20 km em linha reta), funcionando como uma barreira natural e gerando uma grande zona de sombra, reduzindo substancialmente o tamanho das ondas e impactos relacionados às ressacas. Por outro lado, as ameaças climáticas vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e erosão costeira ocorrem pelo menos uma vez por ano. Sendo que os vendavais e tempestades impactam as estruturas e operação do porto e a erosão costeira, provocada pelo excesso de chuvas, é a principal ameaça à cadeia logística, já tendo ocasionado um impacto de grau 5, classificado como catastrófico.

3.3.3.2 :: Porto de Aratu

O Porto de Aratu, administrado pela Companhia das Docas do Estado da Bahia (CODEBA), está localizado no município Candeias-BA, na enseada de Caboto, na Baía de Aratu (Figura 13). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimentou granel líquido, gasoso e sólido, sendo registradas, em média, 6.322.313 toneladas movimentadas por ano.

Figura 13: Localização do Porto Aratu-Candeias.



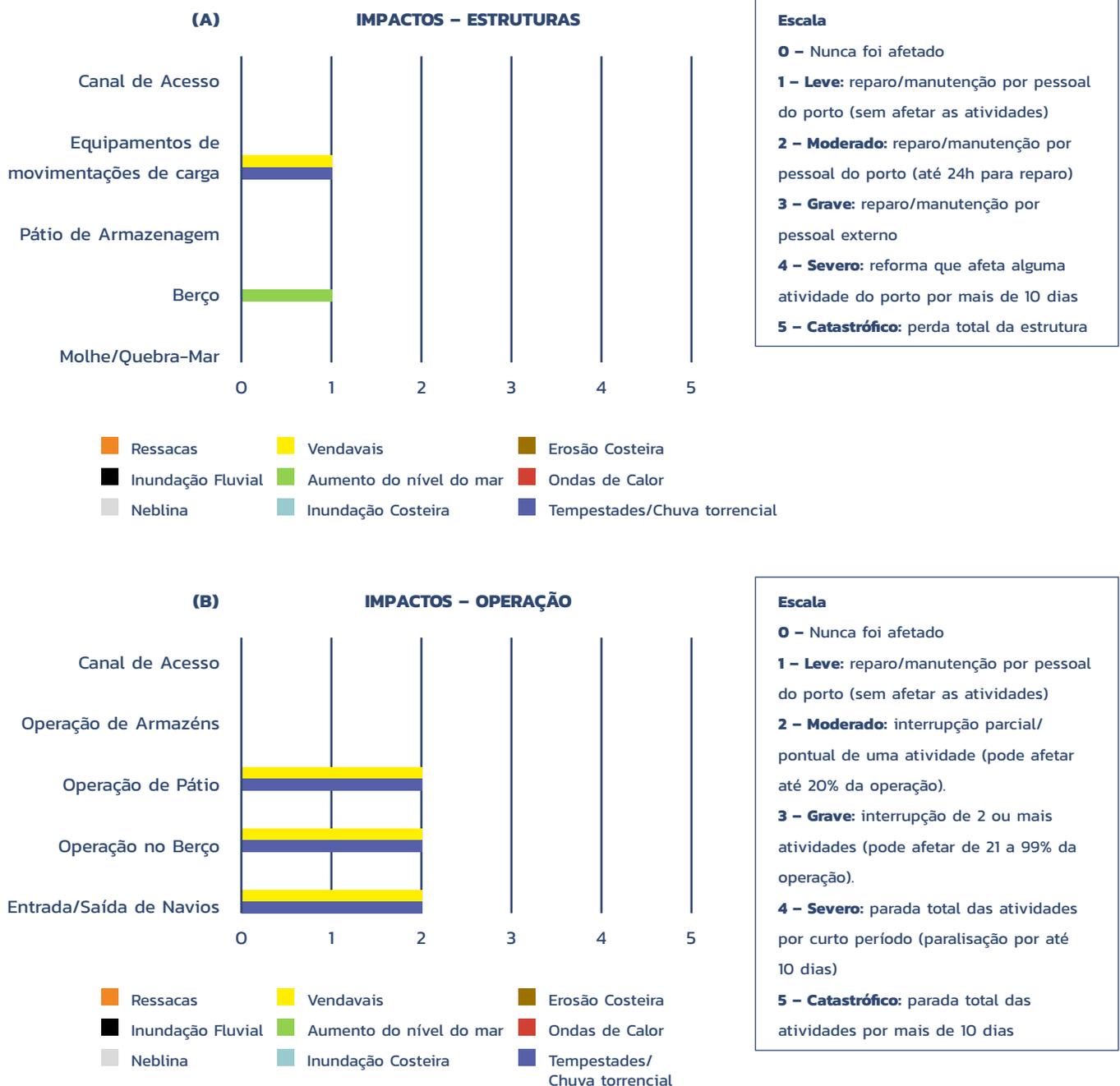
AMEAÇAS

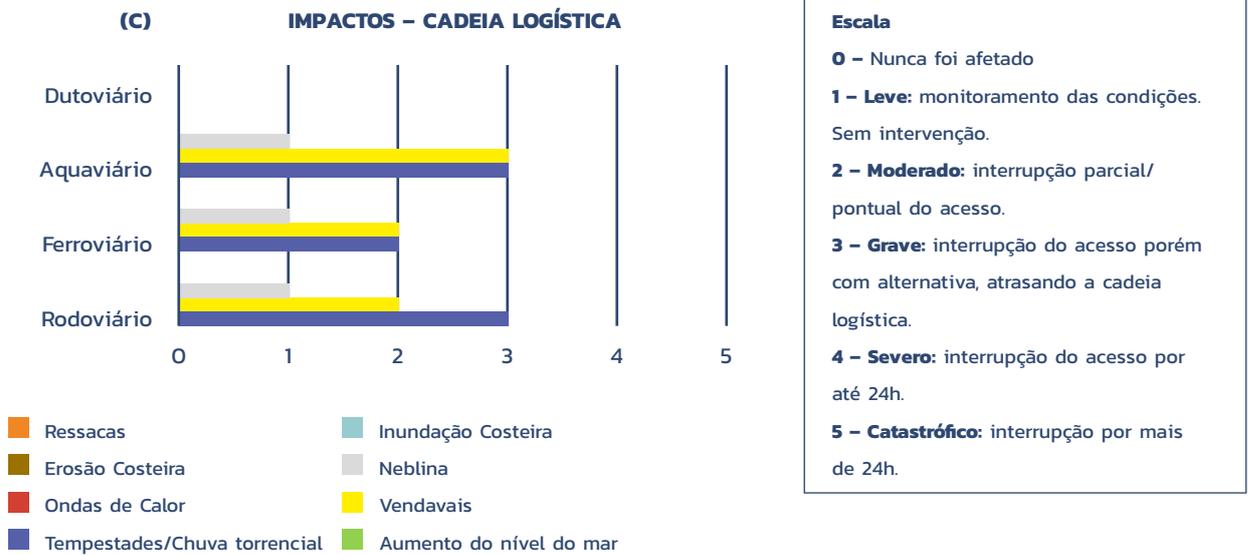
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Aratu, não apontou descrição e data de nenhum evento extremo, deixando a questão em branco. Entretanto, por meio das questões referentes aos impactos frequência das ameaças, tem-se que as tempestades/chuvas torrenciais e vendavais são ameaças climáticas mais relevantes a serem analisadas para o Porto de Aratu-Candeias.

IMPACTOS

A Figura 14 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Aratu relatou sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 14: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Aratu-Candeias: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas:

- I. Vendavais:** Os equipamentos de movimentação de cargas já sofreram impactos de grau 1 devido aos vendavais, o que representa um impacto leve, havendo apenas um reparo/manutenção por pessoal do porto, sem afetar as atividades.
- II. Tempestades/chuvas torrenciais:** Os equipamentos de movimentação de cargas já sofreram impactos de grau 1 devido a tempestades, o que representa um impacto leve, havendo apenas um reparo/manutenção por pessoal do porto, sem afetar as atividades.
- III. Aumento do nível do mar:** O berço já sofreu um impacto de grau 1 devido ao aumento do nível do mar, ocorrendo, portanto, somente um reparo/manutenção por parte do pessoal do porto, não afetando as atividades. Contudo, cabe uma ressalva se o impacto está diretamente relacionado ao aumento do nível do mar de forma monitorada ou se está relacionado a alteração de maré.

Operação

- I. Vendavais:** As operações de pátio, berço e entrada/saída de navios já foram afetadas pelos vendavais com um com um impacto de grau 2, classificado como moderado, o que significa que houve uma interrupção de 2 ou mais atividades, podendo afetar até 20% da operação.
- II. Tempestades/chuvas torrenciais:** As operações de pátio, berço e entrada/saída de navios já foram afetadas pelas tempestades com um com um impacto de grau 2, classificado como moderado, o que significa que houve interrupção parcial/pontual de uma atividade, podendo afetar até 20% da operação.

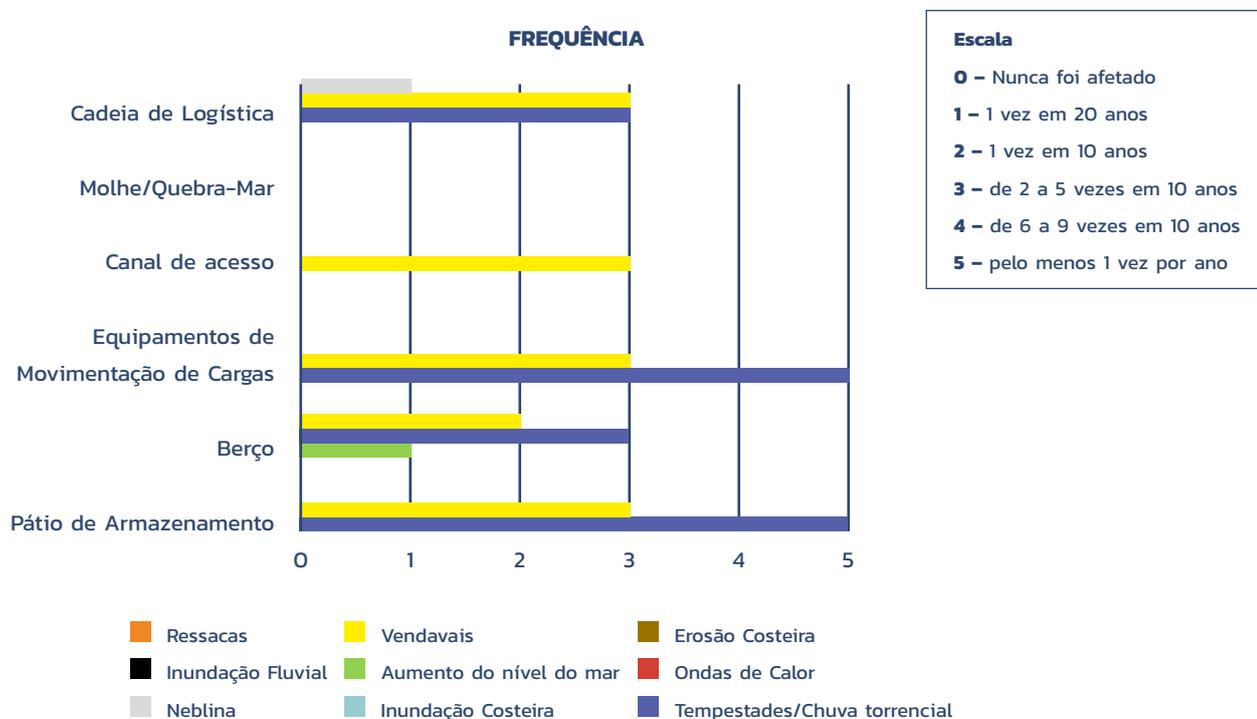
Cadeia Logística

- I. Vendavais:** Os vendavais geraram impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto de grau 3, classificado como grave, ocorrendo uma interrupção do acesso, porém com alternativa, atrasando a cadeia logística. Para o ferroviário e rodoviário o impacto gerado foi classificado como de grau 2, classificado como moderado, ocorrendo interrupção parcial/pontual do acesso.
- II. Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades geraram impacto de grau 3 no acesso aquaviário e rodoviário, impacto classificado como grave, ocorrendo uma interrupção do acesso, porém com alternativa, atrasando a cadeia logística. Para o ferroviário o impacto gerado foi de grau 2, classificado como moderado, ocorrendo interrupção parcial/pontual do acesso.
- III. Neblina:** A ameaça neblina gerou para o acesso aquaviário, ferroviário e rodoviário um impacto de grau 1, classificado como leve, onde houve apenas a necessidade de monitoramento das condições, sem intervenção.

FREQUÊNCIA

A Figura 15 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Aratu, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas que já geram impacto no porto.

Figura 15: Resultados da questão 8 do Porto de Aratu-Candeias: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas vendavais e tempestades/chuvas torrenciais possuem uma maior frequência no Porto de Aratu-Candeias nos últimos 10 anos. Os vendavais já causaram impacto com uma frequência de 2 a 5 vezes em um período de 10 anos no canal de acesso, nos equipamentos de movimentação de cargas, e no pátio de armazenamento. Já o berço, foi impactado por vendavais pelo menos 1 vez em 10 anos. As tempestades/chuvas torrenciais ocorrem em uma frequência de pelo menos 1 vez por ano afetando os equipamentos de movimentação de cargas e no pátio de armazenamento. Para a cadeia logística e o berço essa frequência é de 2 a 5 vezes em um período de 10 anos. Em relação à neblina, foi apontado impacto em uma frequência de 1 vez em 20 anos na cadeia logística. Já o aumento do nível do mar já provocou impacto 1 vez em 20 anos no berço.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 7 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística do Porto de Aratu-Candeias:

Tabela 7: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 a 21 (limiares críticos nas operações) e 23 a 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Aratu-Candeias.

PORTO DE ARATU-CANDEIAS		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Ferroviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e, em menor proporção a neblina, já causaram impactos no porto, faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/hora), precipitação (mm/dia) e temperatura mínima, para todo o funcionamento regular do porto. Entretanto, observa-se que os respondentes indicaram somente o limiar de velocidade do vento para o berço, canal de acesso, entrada e saída de navios e modal aquaviário.

Realizando um paralelo com a questão 35, no qual o porto respondeu se é feito um monitoramento de informações climáticas (nível do mar, ventos, precipitação, temperatura, altura da onda, visibilidade e velocidade de corrente), observa-se o Porto de Aratu não realiza monitoramento de tais informações.

SÍNTESE

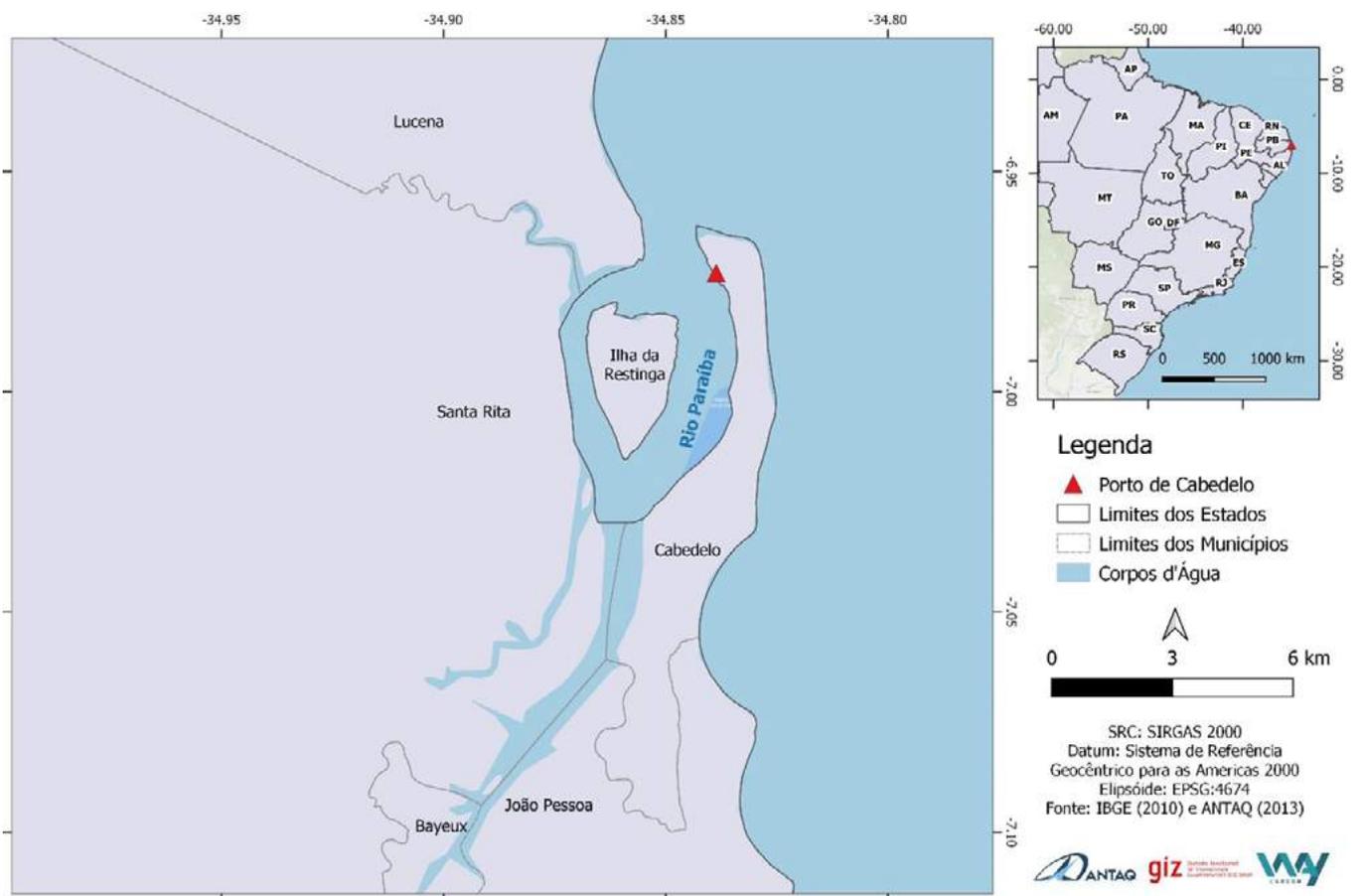
O Porto de Aratu, localizado a cerca de 50 km de Salvador, possui grande relevância econômica para o Estado da Bahia com movimentação especializada em granéis sólidos e líquidos. Com extensa área (4 milhões de m²) possui grande potencial de expansão e, recentemente, teve duas áreas licitadas (ATU12 e ATU18) para movimentação de granéis sólidos vegetal e mineral com potencial de agregar mais 4 milhões de toneladas à movimentação do Porto.

O Porto encontra-se em área abrigada na região nordeste da Baía de Todos os Santos, o que reduz substancialmente o tamanho das ondas e impactos relacionados às ressacas. As principais ameaças climáticas identificadas foram vendavais e tempestades/chuvas torrenciais que impactam com maior frequência as estruturas, operação e cadeia logística do Porto. Neblina e aumento do nível do mar já geraram algum impacto para o Porto de Aratu, mas com baixa frequência.

3.3.3.3 :: Porto de Cabedelo

O Porto de Cabedelo, administrado pela Companhia das Docas do Estado da Paraíba (Docas-PB), está localizado no município Cabedelo-PB, no estuário do rio Paraíba, em frente à ilha da Restinga (Figura 16). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimentou granel líquido, gasoso e sólido, sendo registradas, em média, 1.182.051 toneladas movimentadas por ano.

Figura 16: Localização do Porto de Cabedelo.



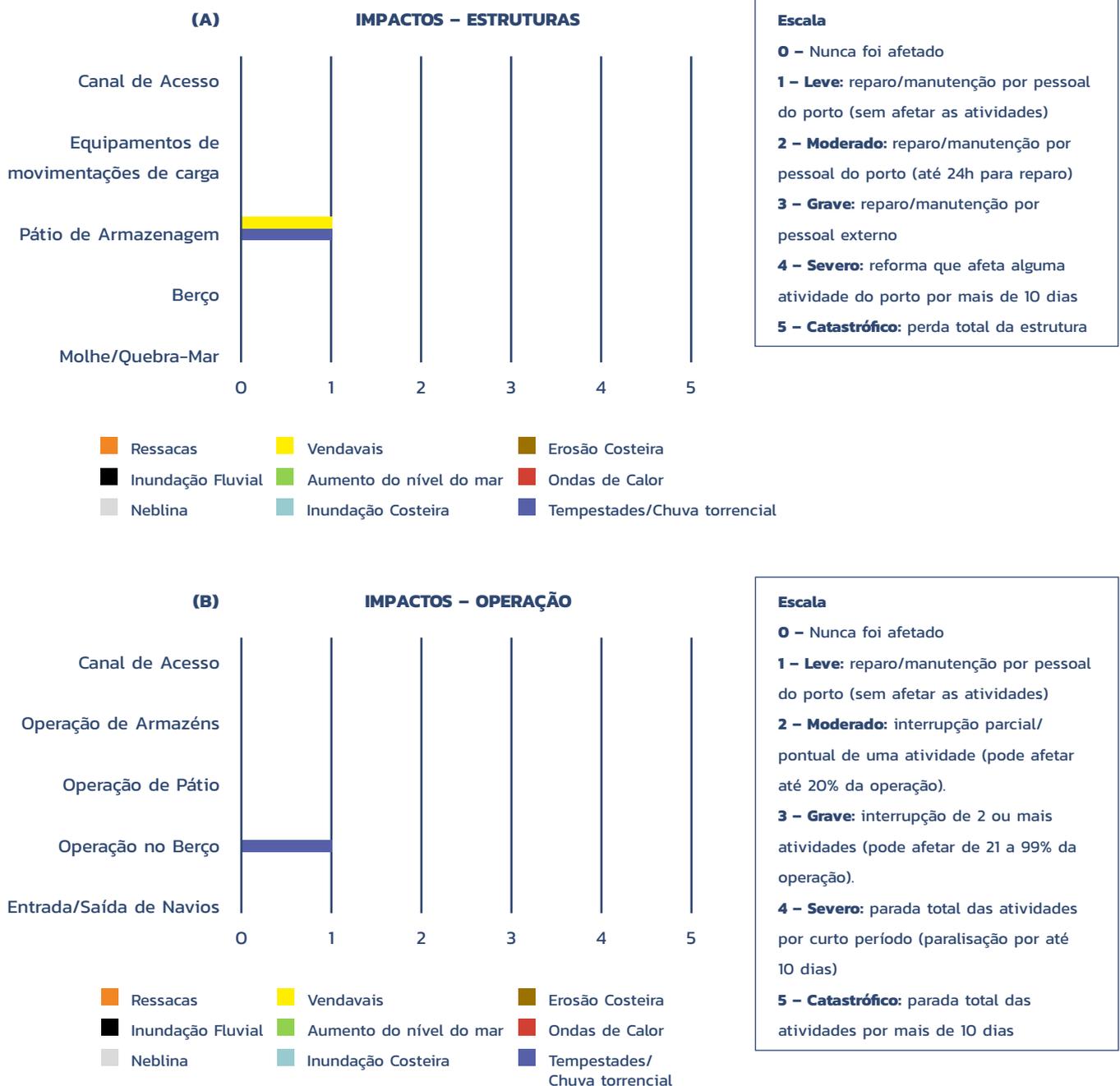
AMEAÇAS

Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Cabedelo apontou apenas um evento extremo relacionado a tempestades/chuvas torrenciais. No entanto, de acordo com o respondente, não se tem o registro exato de tal evento, indicando apenas que ocorreu no período dos últimos 5 anos. Ainda, ao fazer uma relação entre o impacto e a frequência das ameaças, pode-se dizer que o Porto é relativamente pouco afetado por ameaças climáticas.

IMPACTOS

A Figura 17 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Cabedelo relatou sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 17: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Cabedelo: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

- I. **Vendavais:** Para o pátio de armazenagem, os vendavais já geraram um impacto na estrutura, sendo apontado pelos respondentes um impacto de grau 1, classificado como leve, havendo apenas um reparo/manutenção por pessoal do porto, sem afetar as atividades.
- II. **Tempestades/Chuvas torrenciais:** Para o pátio de armazenagem, as tempestades já geraram um impacto na estrutura, sendo apontado pelos respondentes um impacto de grau 1, classificado como leve, havendo apenas um reparo/manutenção por pessoal do porto, sem afetar as atividades.

Operação

- I. **Tempestades/Chuvas torrenciais:** A operação do berço já sofreu, devido às tempestades/chuvas torrenciais, um impacto de grau 1, classificado como leve, ocorrendo um reparo/manutenção por pessoal do porto, sem afetar as atividades.

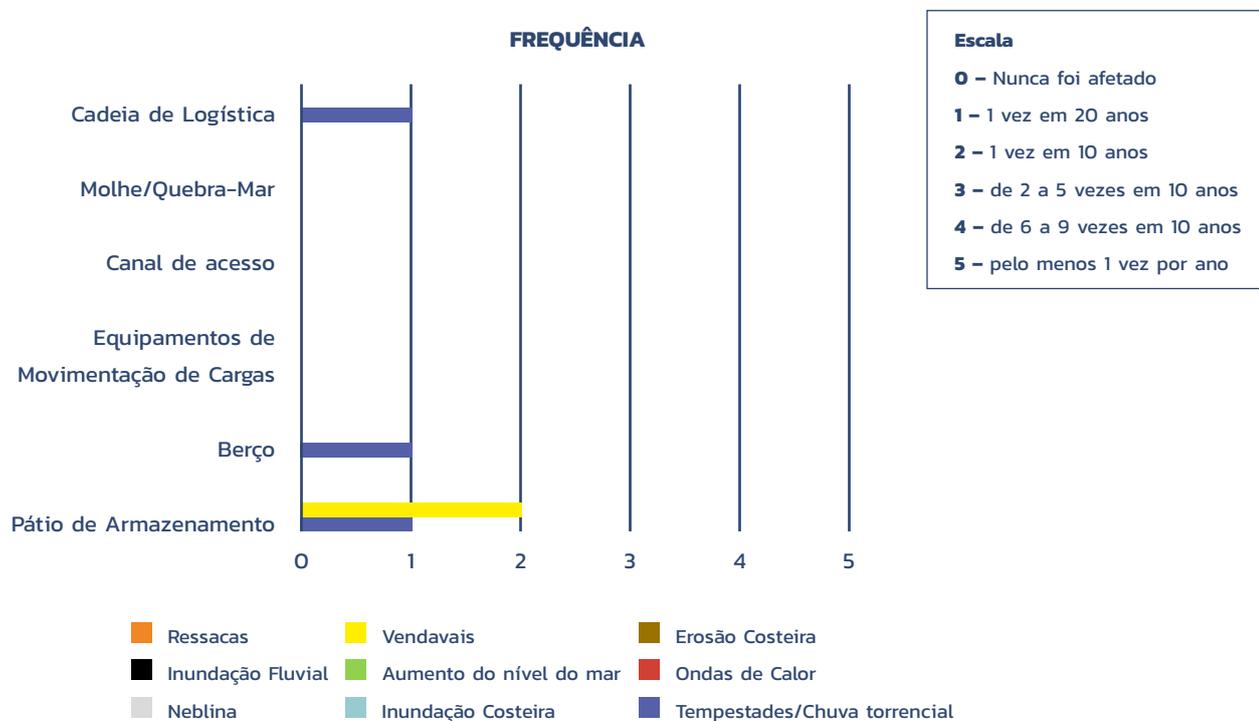
Cadeia Logística

- I. **Tempestades/Chuvas torrenciais:** No acesso rodoviário, a ameaça climática tempestades/chuvas torrenciais já causaram um impacto de grau 1, classificado como leve, havendo a necessidade de um monitoramento das condições, sem intervenção.

FREQUÊNCIA

A Figura 18 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Cabedelo, a qual se refere a frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 18: Resultados da questão 8 do Porto de Cabedelo: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas vendavais e tempestades/chuvas torrenciais possuem uma frequência relativamente baixa no Porto de Cabedelo. Nota-se que as tempestades/chuvas torrenciais que afetaram a cadeia logística, berço e pátio de armazenamento ocorreram 1 vez em 20 anos. Já os vendavais, impactam o pátio de armazenamento 1 vez em 10 anos. As demais ameaças nunca afetaram o porto, de acordo com os respondentes.

Ressalta-se que o Porto de Cabedelo não possui nenhum equipamento de movimentação de cargas, como indicado na questão 5. No entanto, segundo os respondentes, o porto utiliza guindaste de bordo ou guindaste terceirizado, sendo indiretamente afetado quando algum impacto ocorre nesses equipamentos. Assim, a questão 11 foi respondida considerando essa ressalva.

LIMIARES CRÍTICOS

Visto que as ameaças climáticas vendavais e tempestades/chuvas torrenciais são as que já geraram algum impacto para o Porto de Cabedelo, ainda que em baixa frequência, faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/hora) e precipitação (mm/dia), para o pleno funcionamento do porto. Entretanto, os respondentes não indicaram nenhum limiar crítico. Realizando um paralelo com a questão 35, o porto não possui nenhum tipo de monitoramento de informações climáticas.

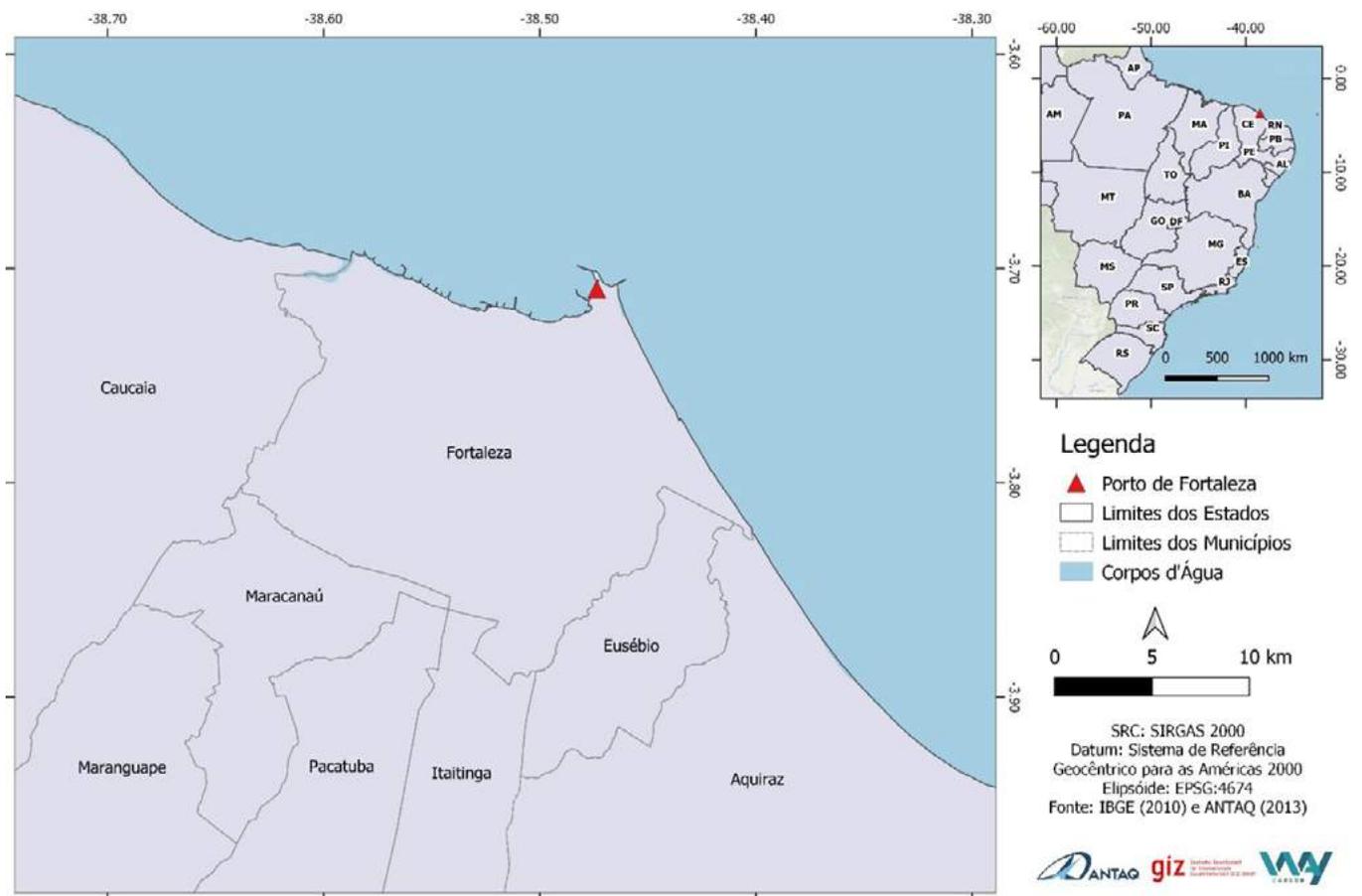
SÍNTESE

O Porto de Cabedelo é o único porto do Estado da Paraíba, com importância local e movimentação cerca de 1,1 milhões de toneladas ao ano de granéis sólidos e líquidos. O Porto situa-se na foz do rio Paraíba, em área abrigada. Tal característica, pode explicar praticamente a ausência de registros de impactos relacionados as ameaças climáticas, tendo sido identificados apenas vendavais e tempestades/chuvas torrenciais com baixa frequência de impacto nas estruturas, operação e cadeia logística do Porto. Os armazéns foram impactados por vendavais com frequência de uma vez a cada 10 anos. Enquanto as tempestades/chuvas torrenciais ocorrem em uma frequência de 1 vez em 20 anos.

3.3.3.4 :: Porto de Fortaleza

O Porto de Fortaleza-Mucuripe, administrado pela Companhia Docas do Ceará (CDC), está localizado na cidade de Fortaleza-CE, na enseada da Mucuripe (Figura 19). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimenta carga containerizada, carga geral, granel líquido, gasoso e sólido, sendo registradas, em média, 4.846.867 toneladas movimentadas por ano.

Figura 19: Localização do Porto de Fortaleza.



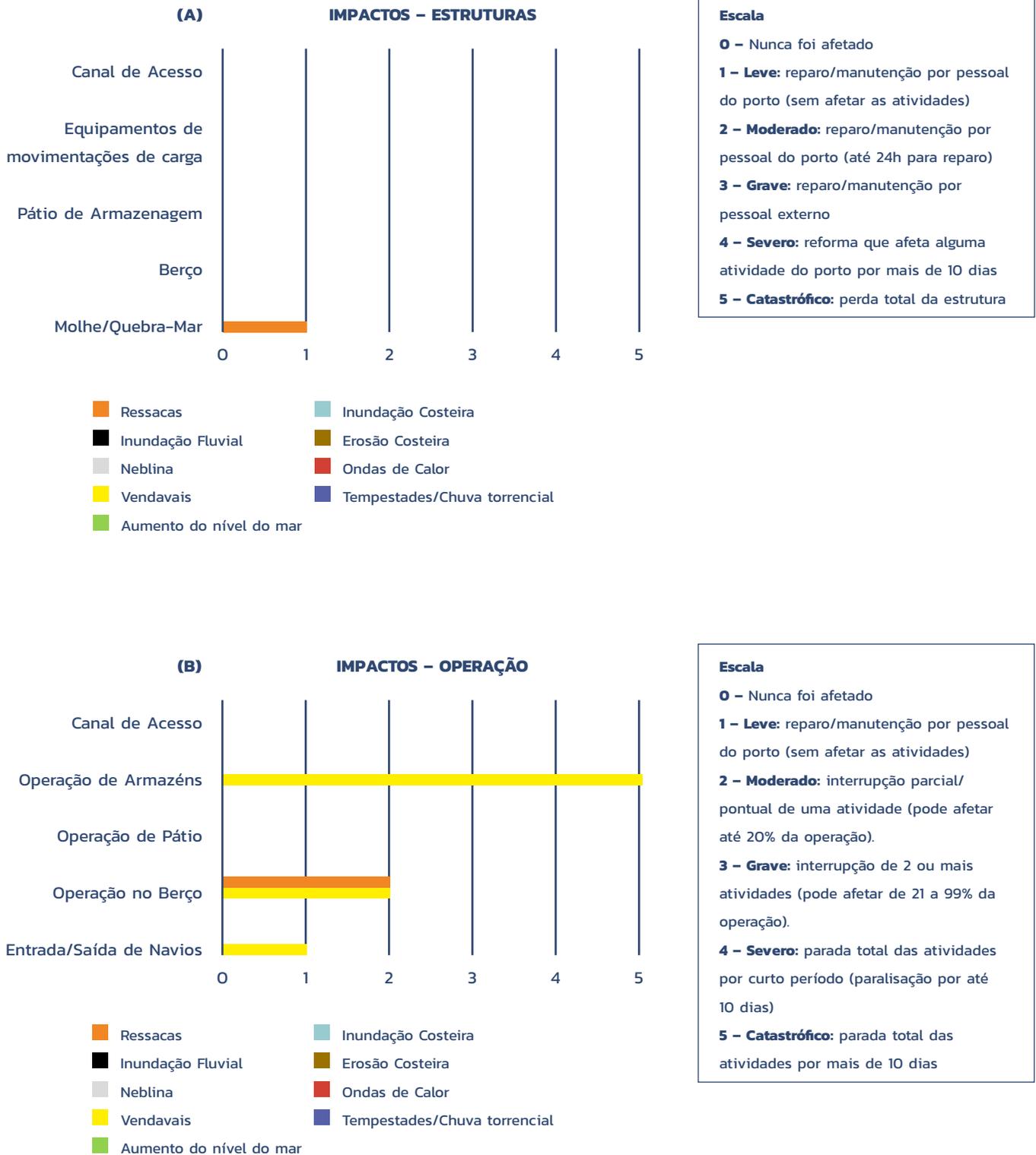
AMEAÇAS

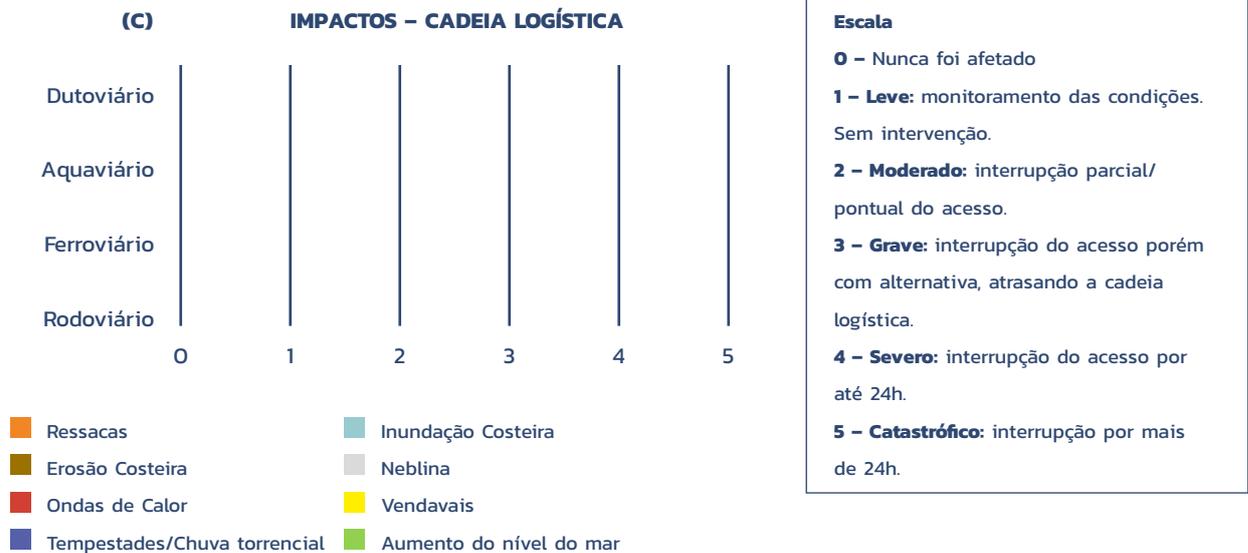
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Fortaleza apontou dois eventos extremos relacionados a ressacas ocorridas em novembro de 2012 e vendavais, sem data de registro. Ao fazer uma relação entre o impacto e a frequência das ameaças, pode-se dizer que o Porto é relativamente pouco afetado por ameaças climáticas.

IMPACTOS

A Figura 20 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Fortaleza relatou sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 20: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Fortaleza: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

- I. **Ressacas:** Para o molhe/quebra-mar, as ressacas já geraram impacto de grau 1 na estrutura, classificado como leve, havendo apenas um reparo/manutenção por pessoal do porto, sem afetar as atividades.

Operação

- I. **Ressacas:** Para o berço, as ressacas já geraram impacto de grau 2, classificado como moderado, ocorrendo a interrupção parcial/pontual das atividades.
- II. **Vendavais:** As operações de armazéns, berço e entrada/saída de navios já sofreram impactos devido a vendavais. Para a operação de armazém tal impacto foi de grau 5, classificado como catastrófico, ocorrendo a parada total das atividades por mais de 10 dias. Para a operação da entrada/saída de navios o grau de impacto foi 1, classificado como leve, havendo apenas reparo/manutenção por pessoal do porto. Já para operação do berço, os vendavais já geraram impacto classificado como moderado, grau 2, ocorrendo a interrupção parcial/pontual das atividades.

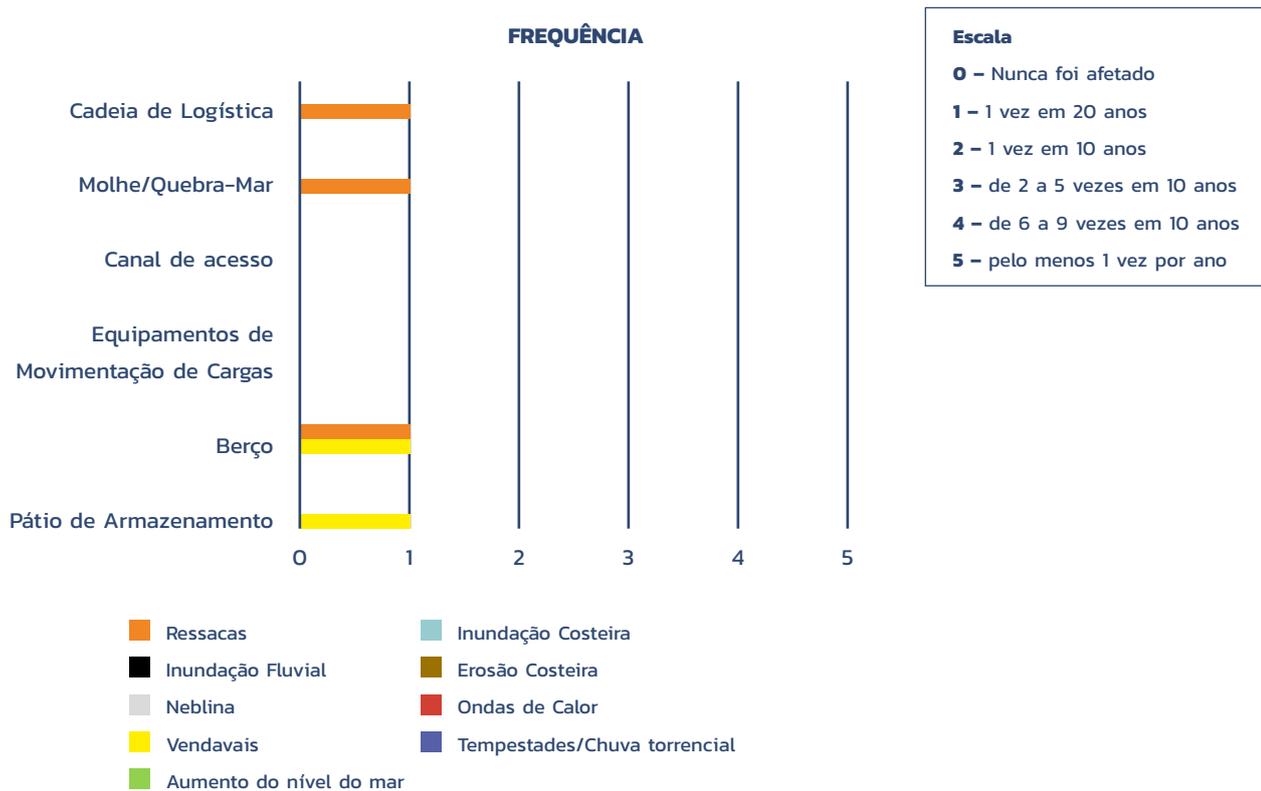
Cadeia Logística

Segundo os respondentes, não houve impactos nos acessos.

FREQUÊNCIA

A Figura 21 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Fortaleza, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 21: Resultados da questão 8 do Porto de Fortaleza: frequência das ameaças climáticas com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas ressacas e vendavais possuem baixa frequência no Porto de Fortaleza. Nota-se que as ressacas já afetaram pelo menos 1 vez em 10 anos a cadeia logística, o molhe/quebra-mar e no berço. Já o berço e o pátio de armazenamento foram afetados pelo menos 1 no mesmo período por vendavais.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 8 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de Fortaleza:

Tabela 8: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Fortaleza.

PORTO DE FORTALEZA		Limiars Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Berço	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	30	N/A	N/A	132
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Canal de Acesso	N/A	N/A	30	N/A	N/A	132
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	N/A	30	N/A	N/A	132
	Berço	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Pátio	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Armazéns	N/A	N/A	30	40	N/A	132
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Ferroviário	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Aquaviário	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	40	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas vendavais e ressacas são as que já geraram algum impacto para o Porto de Fortaleza, faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/h) e precipitação (mm/dia), para o pleno funcionamento do porto. Na tabela acima, é possível observar que para a questão dos vendavais, os respondentes do Porto de Fortaleza souberam informar o limiar crítico para as estruturas, operações, e cadeia logística, sendo esse limiar equivalente à 30km/h. Além disso, eles informaram os limiares críticos de temperatura máxima e precipitação diária.

Na questão 35, no qual o porto respondeu se realiza o monitoramento de informações climáticas (nível do mar, ventos, precipitação, temperatura, altura da onda, visibilidade e velocidade de corrente), observa-se que todas as informações apresentadas são monitoradas, mas não necessariamente pelo porto em si. Segundo os respondentes, o nível do mar é monitorado pelo IBGE; ventos, precipitação, temperatura, visibilidade, velocidade de corrente são monitoradas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme); e a altura da onda, além de ser monitorada pela Funceme, é monitorada pela Capitania dos Portos.

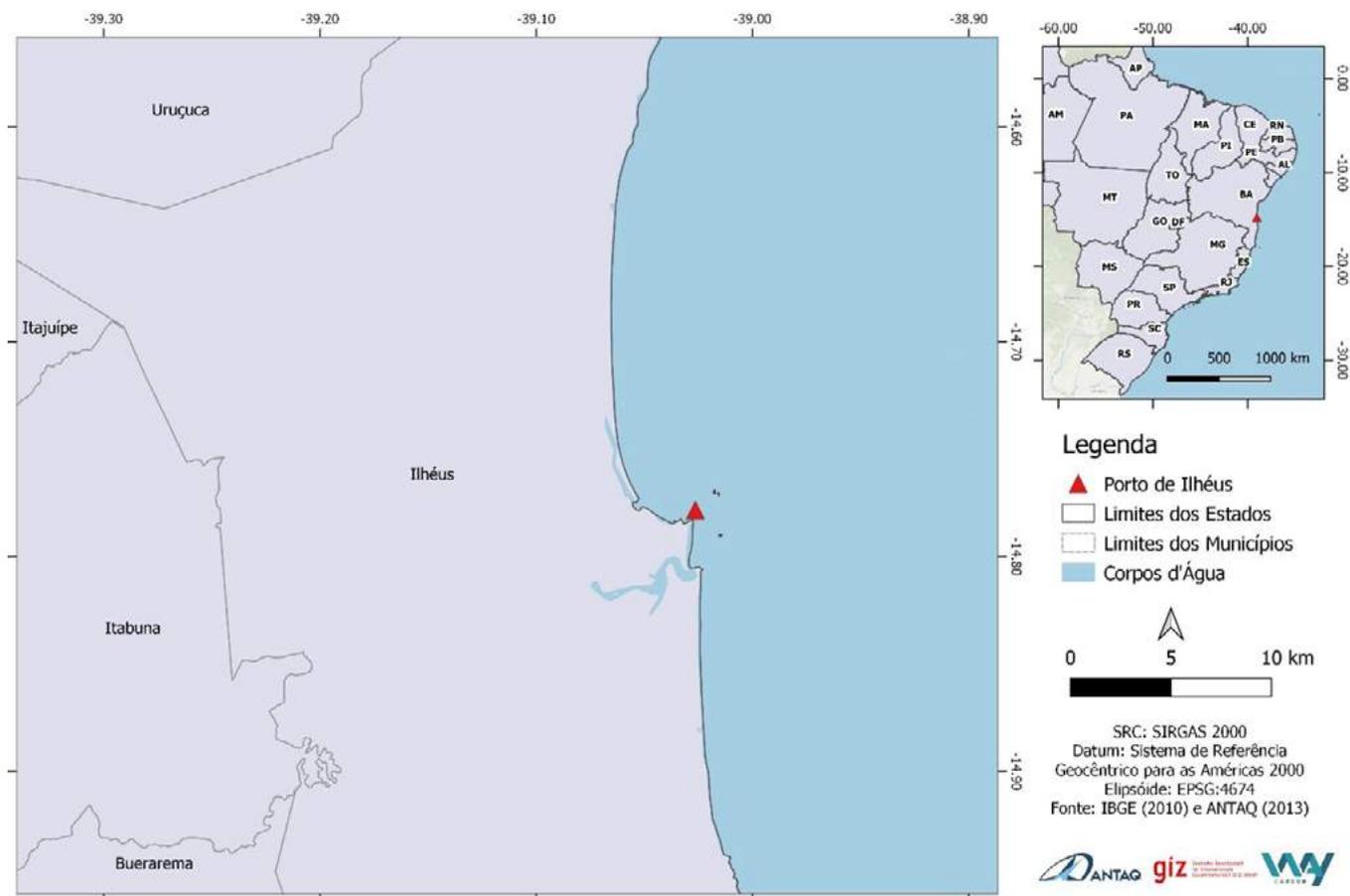
SÍNTESE

O Porto de Fortaleza-Mucuripe, com importância regional, está encravado na área urbana de Fortaleza, assim, conta com poucas áreas de expansão. O porto não se situa em área abrigada, por isso possui duas grandes estruturas de quebra-mares para proteção às correntes e ressacas. As principais ameaças climáticas identificadas foram ressacas, com impacto na estrutura e operação, e vendavais que impactam apenas a operação do porto. Essas ameaças geram impactos com baixa frequência, uma vez a cada 20 anos.

3.3.3.5 :: Porto do Ilhéus

O Porto de Ilhéus, administrado pela Companhia Docas do Ceará (CDC), está localizado no município de Ilhéus-BA, na ponta do Malhado (Figura 22). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimentou carga geral e granel sólido, sendo registradas, em média, 219.158 toneladas movimentadas por ano.

Figura 22: Localização do Porto de Ilhéus.



AMEAÇAS

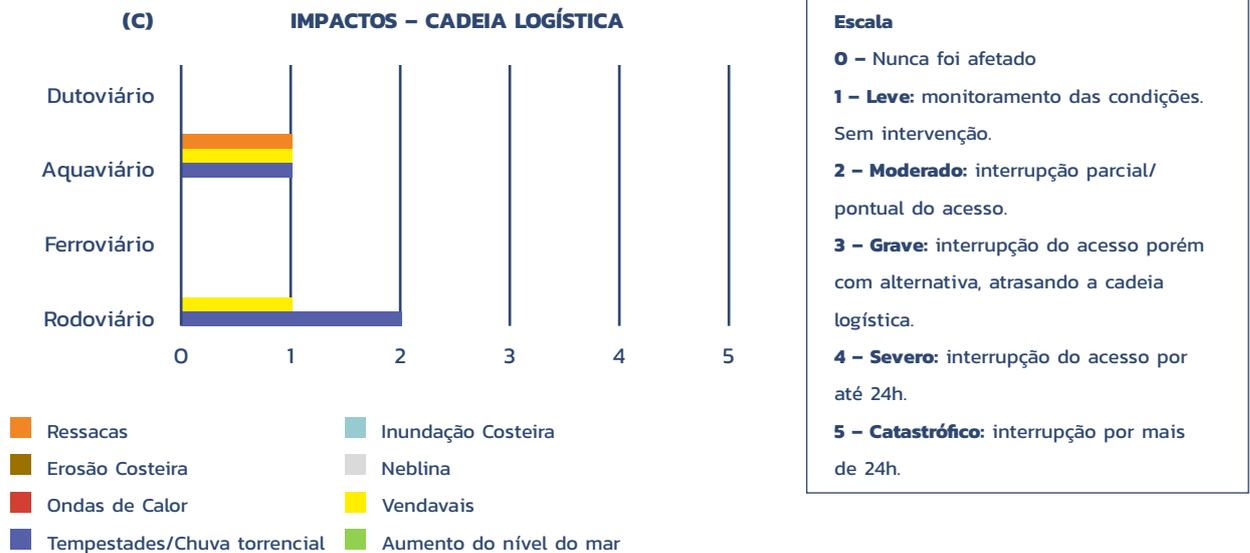
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, em relação a eventos extremos, o Porto de Ilhéus apontou ressacas e vendavais sem apresentar a data de ocorrência de tais eventos. Porém, por meio das questões referentes aos impactos, tem-se que, além dos vendavais e ressacas, as tempestades/chuvas torrenciais e a erosão costeira são ameaças climáticas relevantes para o Porto de Ilhéus.

IMPACTOS

A Figura 23 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Ilhéus respondeu sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 23: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Ilhéus: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

Segundo os respondentes, não houve impactos nas estruturas.

Operação

- I. Ressacas:** As operações no canal de acesso e entrada/saída de navios foram afetadas igualmente pelas ressacas com um impacto de grau 1, classificado como leve, o que significa que houve a necessidade de reparo/manutenção por parte do pessoal do porto.
- II. Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades já geraram um impacto de grau 2, classificado como moderado, nas operações de berço e pátio, ocorrendo a interrupção parcial/pontual da atividade.
- III. Vendavais:** Os vendavais já geraram impacto nas operações de pátio, berço e entrada/saída de navios, sendo um impacto classificado como leve (Grau 1) para as operações de entrada/saída de navios e pátio, e um impacto classificado como moderado nas operações do berço.

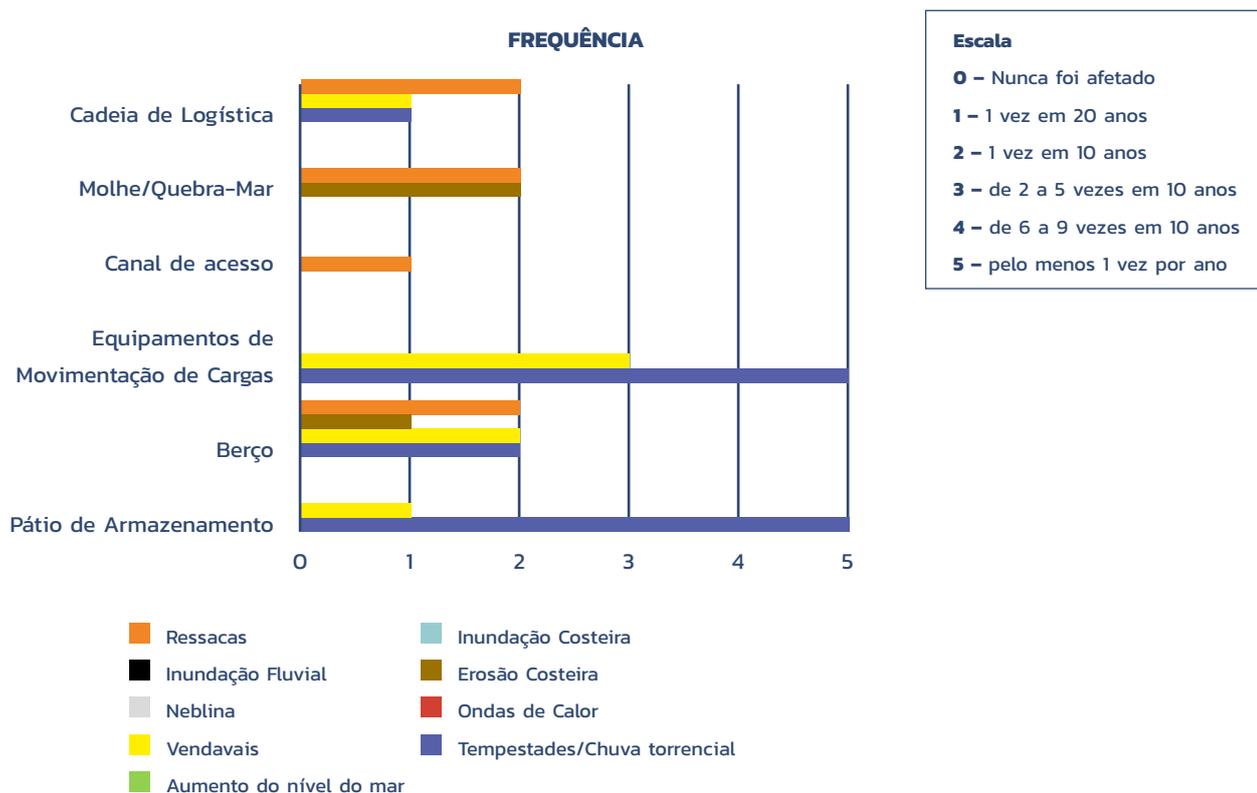
Cadeia Logística

- I. Ressacas:** As ressacas geraram impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como leve (Grau 1), ocorrendo um monitoramento das condições, sem intervenção.
- II. Tempestades/Chuvas torrenciais:** As tempestades geraram impacto no acesso aquaviário e rodoviário sendo esse impacto classificado como leve (Grau 1) para o aquaviário, ocorrendo um monitoramento das condições, sem intervenção, e como moderado (Grau 2) para o rodoviário, havendo a interrupção parcial/pontual do acesso.
- III. Vendavais:** Os vendavais geraram impacto no acesso aquaviário e rodoviário, sendo esse impacto classificado como leve (Grau 1), ocorrendo um monitoramento das condições, sem intervenção.

FREQUÊNCIA

A Figura 24 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Ilhéus, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 24: Resultados da questão 8 do Porto de Ilhéus: frequência das ameaças climáticas com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas ressacas, vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e erosão costeira possuem uma certa frequência no Porto de Ilhéus. Chama atenção a ameaça de erosão consta na resposta de frequência de impacto, porém, não foi apontada pelo Porto na questão 11.

As ressacas causaram impacto com frequência de 1 vez em 10 anos na cadeia logística, no molhe/quebra-mar e no berço. Para o canal de acesso a frequência das ressacas é de 1 vez em 20 anos. Os vendavais causaram impacto com frequência de 1 vez em 20 anos na cadeia logística e no pátio de armazenamento. No berço a frequência dos vendavais que causaram impacto é de 1 vez em 10 anos, e por último, nos equipamentos de movimentação de cargas essa frequência é de 2 a 5 vezes em um período de 10 anos.

Já as tempestades/chuvas torrenciais causaram impacto 1 vez em 20 anos na cadeia logística, e 1 vez em 10 anos no berço. Impactos nos equipamentos de movimentação de cargas, e no pátio de armazenamento, causados por tempestades/chuvas torrenciais ocorrem pelo menos 1 vez por ano.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 9 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de Ilhéus:

Tabela 9: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 a 21 (limiares críticos nas operações) e 23 a 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Ilhéus.

PORTO DE ILHÉUS		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Ferroviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas vendavais, tempestades/chuvas torrenciais, ressacas e erosão costeira são as que já geraram algum impacto para o Porto de Ilhéus, faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/h), precipitação (mm/dia) e aumento do nível do mar, para o pleno funcionamento do porto. Porém, o porto indicou somente o limiar de velocidade do vento relacionado à operação.

Fazendo um paralelo com a questão 35, na qual o porto respondeu se é feito o monitoramento de informações climáticas (nível do mar, ventos, precipitação, temperatura, altura da onda, visi-

bilidade e velocidade de corrente), observa-se que o Porto de Ilhéus não realiza monitoramento de tais informações.

SÍNTESE

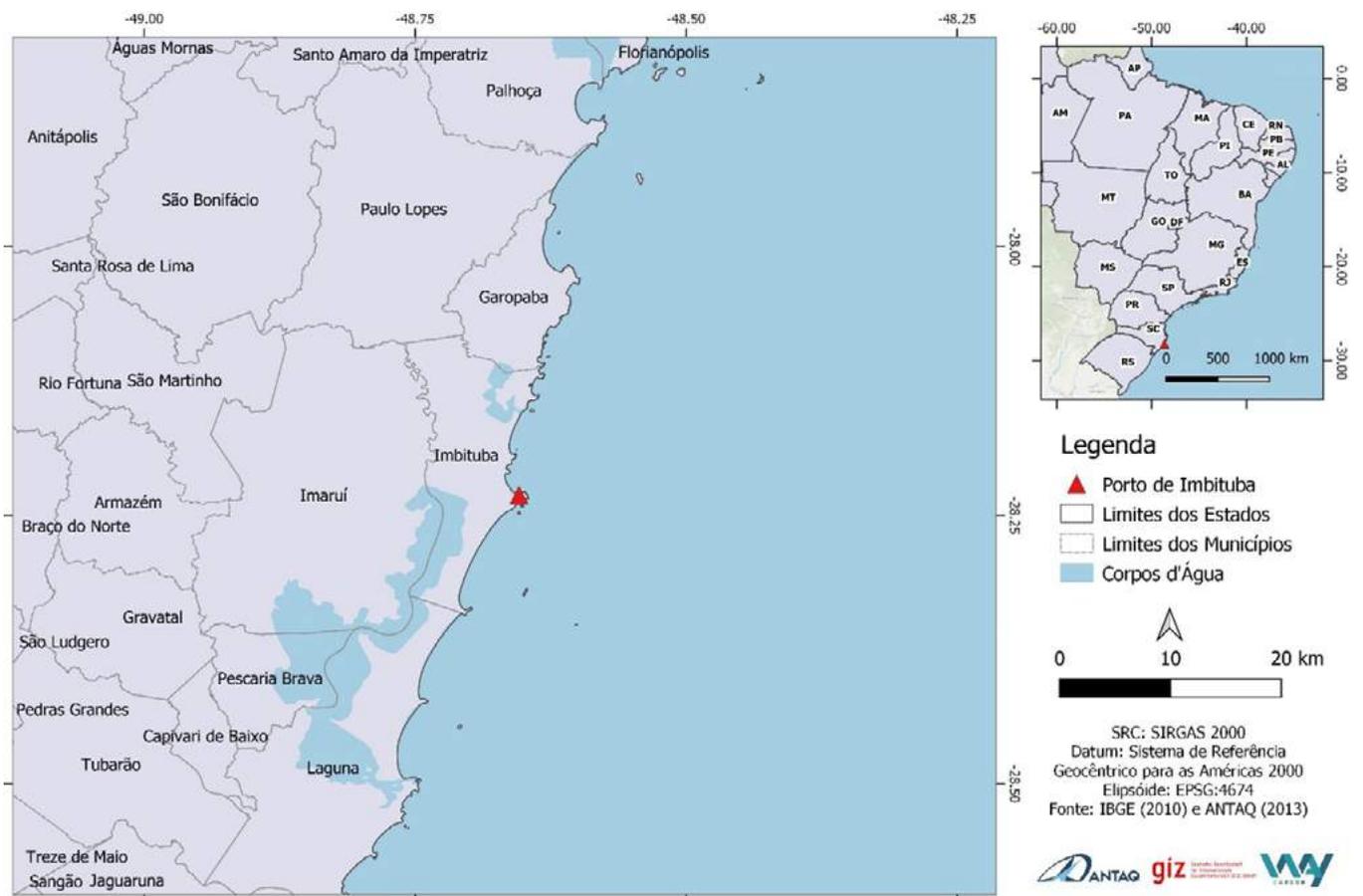
O Porto de Ilhéus está localizado no centro-sul do Estado da Bahia. Possui baixa relevância econômica, devido a sua movimentação atual, mas conta com potencial de crescimento em virtude de sua localização e possibilidade de ampliação de sua hinterlândia com a conclusão da Ferrovia de Integração Oeste-Leste – FIOL.

O Porto não se situa em área abrigada, por isso possui uma grande estrutura de quebra-mar para proteção dos berços em relação às correntes e ressacas. As ameaças climáticas que já geraram algum impacto para o Porto de Ilhéus são vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e ressacas, sobretudo em relação à operação e cadeia logística e erosão costeira que impacta o quebra-mar. As tempestades/chuvas torrenciais causam impactos com maior frequência tanto na infraestrutura e cadeia logística, com menor frequência, quanto na operação, o que ocorre anualmente.

3.3.3.6 :: Porto do Imbituba

O Porto de Imbituba, administrado pela empresa SCPar Porto de Imbituba S.A, está localizado na cidade de Imbituba-SC em uma enseada aberta, junto à ponta de Imbituba (Figura 25). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimentou carga containerizada, carga geral, granel líquido, gasoso e sólido, sendo registradas, em média, 5.109.742 toneladas movimentadas por ano.

Figura 25: Localização do Porto de Imbituba.



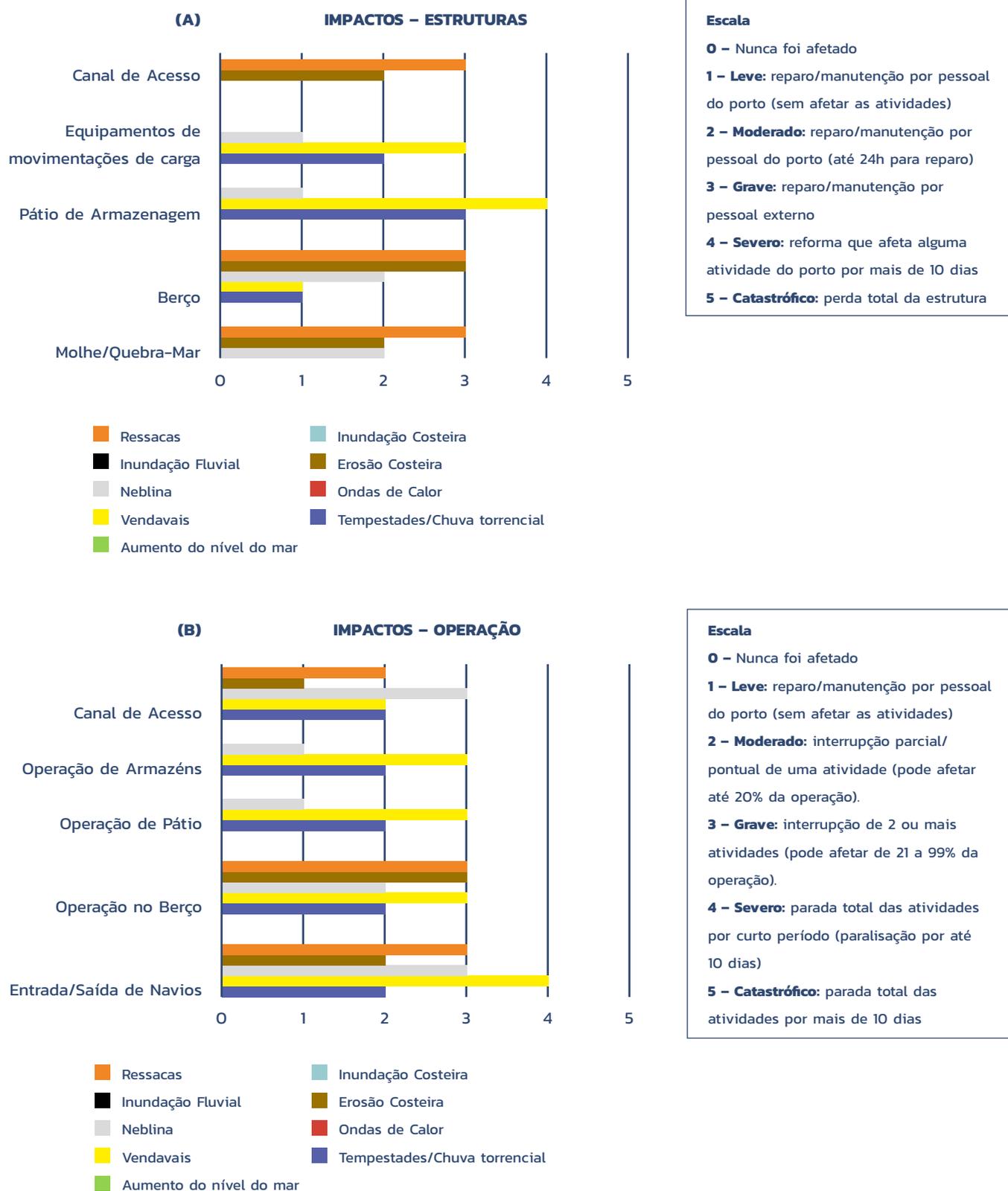
AMEAÇAS

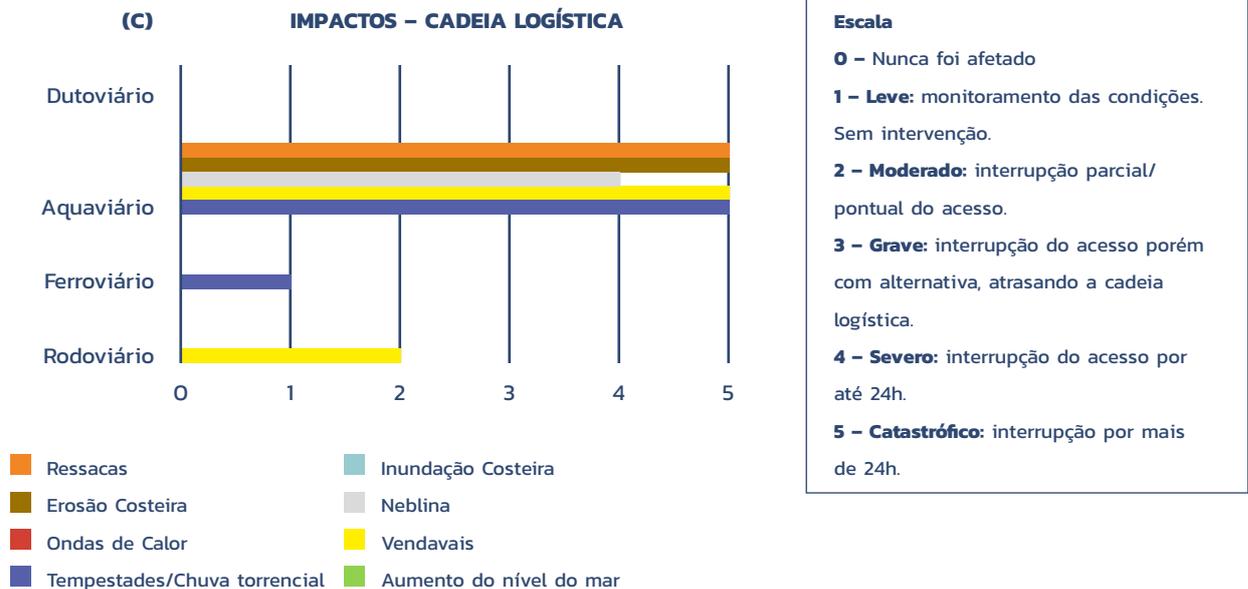
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Imbituba apontou as ressacas, os vendavais e erosão costeira como eventos extremos. Apenas os vendavais tiveram registro de data, ocorrendo em 30 de junho de 2020, relacionado a formação de um Ciclone Bomba. As fortes rajadas de vento que atingiram a velocidade de 120 km/h fizeram com que um contêiner que estava sendo operado no Porto colidisse contra a casaria da embarcação.

IMPACTOS

A Figura 26 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Imbituba respondeu sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 26: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Imbituba: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

- I. Ressacas:** O canal de acesso, berço, e molhe/quebra-mar já sofreram impactos de grau 3 devido a ressacas, o que representa um impacto grave, havendo a necessidade de reparo/manutenção por pessoal externo.
- II. Erosão Costeira:** O canal de acesso, berço e molhe/quebra-mar já foram impactados por erosões costeiras, sendo um impacto classificado como moderado (Grau 2), ocorrendo reparo/manutenção por pessoal do porto, para o canal de acesso e molhe/quebra-mar e classificado como grave (Grau 3) para o berço, ocorrendo reparo/manutenção por pessoal externo.
- III. Neblinas:** Para os equipamentos de movimentação de cargas, e para o pátio de armazenamento as neblinas já geraram impactos de grau 1, leve, ocorrendo reparo/manutenção sem afetar as atividades, e para o molhe/quebra-mar e berço um impacto de grau 2, moderado.
- IV. Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades já impactaram os equipamentos de movimentação de cargas em um grau moderado (Grau 2), ocorrendo reparo/manutenção por pessoal do porto, o pátio de armazenamento em um grau grave (Grau 3), ocorrendo reparo/manutenção por pessoal externo, e o berço em um grau leve (Grau 1), ocorrendo reparo/manutenção sem afetar as atividades.
- V. Vendavais:** Os vendavais já ocasionaram impactos de grau grave (Grau 3) para equipamentos de movimentação de cargas, havendo reparo/manutenção por pessoal externo, grau severo (Grau 4) para o pátio de armazenamento, havendo a necessidade de reforma que afetou alguma atividade do porto por mais de 10 dias, e grau leve (Grau 1) para o berço, havendo reparo/manutenção sem afetar as atividades.

Operação

- I. Ressacas:** As operações de entrada/saída de navios e berço já foram afetadas igualmente pelas ressacas com um impacto de grau 3, classificado como grave, acontecendo

a interrupção de 2 ou mais atividades. Já para o canal de acesso, as ressacas já geraram um impacto de grau 2, classificado como moderado, acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade.

- II. Erosão Costeira:** As operações do canal de acesso, entrada/saída de navios e berço já foram afetadas pelas erosões costeiras. Para a operação do canal do acesso, a erosão costeira gerou um impacto de leve (Grau 1), havendo a necessidade de reparo/manutenção por pessoal do porto, sem afetar as atividades. Para operação de entrada/saída de navios o impacto foi classificado como moderado (Grau 2), acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade. Já para o berço, o impacto foi classificado como grave (Grau 3), acontecendo a interrupção de 2 ou mais atividades.
- III. Neblina:** As operações do canal de acesso, armazéns, pátio, entrada/saída de navios e berço já foram afetados pelas neblinas. Para a operação do canal do acesso e entrada/saída de navios as neblinas geraram um impacto grave (Grau 3), acontecendo a interrupção de 2 ou mais atividades. Para a operação dos armazéns e do pátio o impacto foi classificado como leve (Grau 1), havendo a necessidade de reparo/manutenção por pessoal do porto, sem afetar as atividades. Por último, para operação do berço, o impacto foi classificado como moderado (Grau 2), acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade.
- IV. Tempestades/chuvas torrenciais:** As operações do canal de acesso, armazéns, pátio, entrada/saída de navios e berço já foram afetados igualmente pelas tempestades com um impacto de grau 2, classificado como moderado, acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade.
- V. Vendavais:** As operações do canal de acesso, armazéns, pátio, entrada/saída de navios e berço já foram afetados pelos vendavais. Para a operação do canal do acesso os vendavais geraram um impacto moderado (Grau 2), acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade. Para a operação dos armazéns, do pátio e do berço o impacto foi classificado como grave (Grau 3), acontecendo a interrupção de 2 ou mais atividades. Por último, para entrada/saída de navios o impacto foi classificado como severo (Grau 4), ocorrendo a parada total das atividades por curto período.

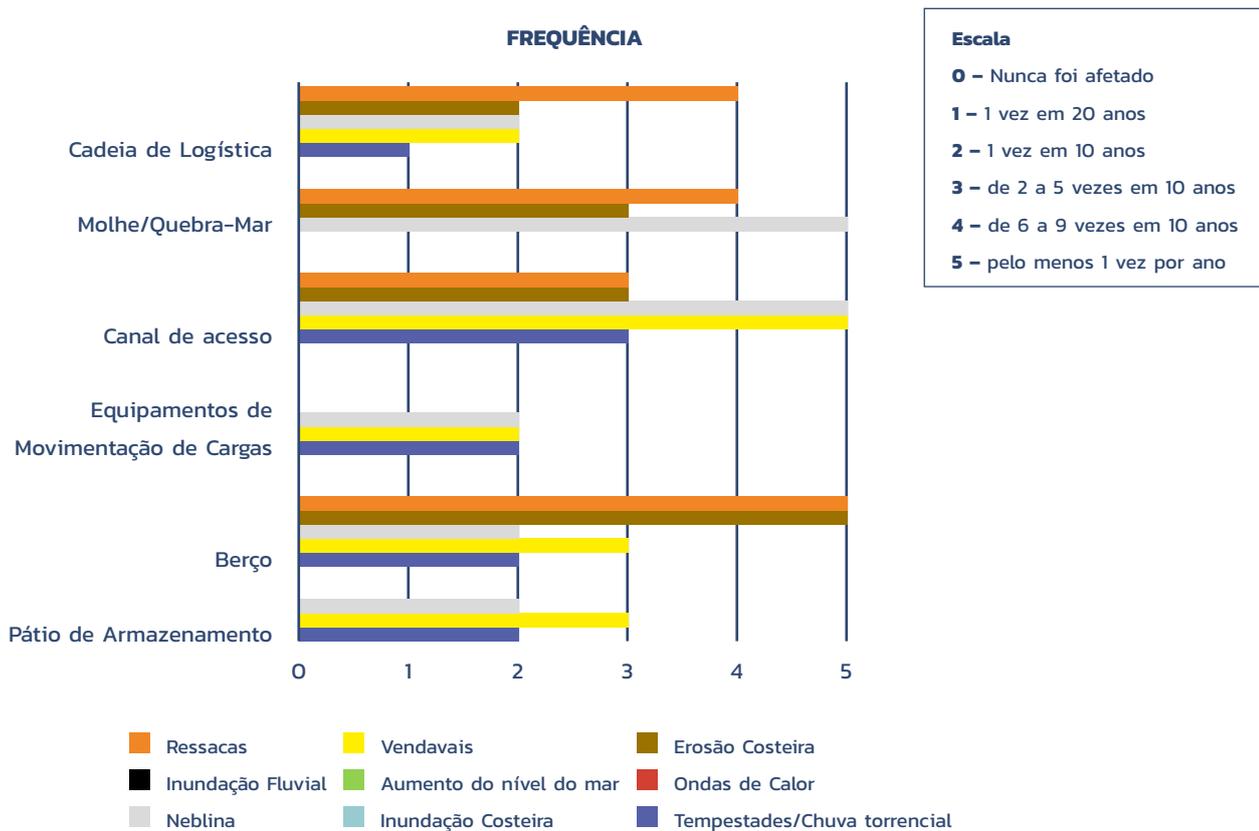
Cadeia Logística

- I. Ressacas:** As ressacas geraram impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como catastrófico (Grau 5), ocorrendo a interrupção por mais de 24horas.
- II. Erosão Costeira:** As erosões costeiras geraram impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como catastrófico (Grau 5), ocorrendo a interrupção por mais de 24horas.
- III. Neblina:** As neblinas geraram impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como severo (Grau 4), ocorrendo a interrupção do acesso por até 24horas.
- IV. Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades geraram impacto no acesso aquaviário e ferroviário, gerando para o aquaviário um impacto classificado como catastrófico (Grau 5), ocorrendo a interrupção por mais de 24horas, e para o ferroviário um impacto classificado como leve (Grau 1), havendo a necessidade de monitoramento das condições, sem intervenção.
- V. Vendavais:** Os vendavais geraram impacto no acesso aquaviário e rodoviário, gerando para o aquaviário um impacto classificado como catastrófico (Grau 5), ocorrendo a interrupção por mais de 24horas, e para o rodoviário um impacto classificado como moderado (Grau 2), ocorrendo a interrupção parcial/pontual do acesso.

FREQUÊNCIA

A Figura 27 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Imbituba, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 27: Resultados da questão 8 do Porto de Imbituba: frequência das ameaças climáticas com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas ressacas, erosão costeira, vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e neblina que causam impacto possuem uma frequência relevante no Porto de Imbituba, nos últimos 10 anos.

As ressacas causaram impacto com uma frequência de 6 a 9 vezes em 10 anos na cadeia logística e no molhe/quebra-mar. No canal de acesso a frequência de impactos relacionados às ressacas é de 2 a 5 vezes em 10 anos. Já o berço é impactado por ressacas pelo menos 1 vez por ano.

Os vendavais causaram impacto com uma frequência de 1 vez em 10 anos na cadeia logística e nos equipamentos de movimentação de cargas. O canal de acesso já é impactado por vendavais em uma frequência de pelo menos 1 vez no ano. Já no berço e o pátio de armazenamento a frequência dos vendavais que causaram impactos foi de 2 a 5 vezes em um período de 10 anos.

As tempestades/chuvas torrenciais causaram impacto com uma frequência de 1 vez em 10 anos nos equipamentos de movimentação de cargas, no berço e no pátio de armazenamento. No canal de acesso a frequência de vendavais que causaram impacto foi de 2 a 5 vezes em um período de 10 anos, e por último, na cadeia logística a frequência é de 1 vez em 20 anos.

A ameaça climática erosão costeira impactou a cadeia logística 1 vez em 10 anos, o molhe/quebra-mar e o canal de acesso em uma frequência de 2 a 5 vezes em 10 anos, e por último, o berço em uma frequência de pelo menos 1 vez por ano.

As neblinas causaram impacto com frequência de 1 vez em 10 anos na cadeia logística, nos equipamentos de movimentação de cargas, no berço e no pátio de armazenamento e pelo menos 1 vez por ano no molhe/quebra-mar e canal de acesso.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 10 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de Imbituba:

Tabela 10: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 a 21 (limiares críticos nas operações) e 23 a 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Imbituba.

PORTO DE IMBITUBA		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	80	N/A	N/A	150
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	80	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	80	N/A	N/A	150
	Armazéns	N/A	N/A	80	N/A	N/A	150
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Ferroviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	N/A	N/A	70	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas vendavais, tempestades/chuvas torrenciais, ressacas, erosão costeira e neblina são as que já geraram algum impacto para o Porto de Imbituba, faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/hora), precipitação (mm/dia), aumento do

nível do mar e temperatura mínima para o pleno funcionamento do porto. Entretanto, observa-se que os respondentes indicaram somente os limiares de velocidade do vento e precipitação.

Realizando um paralelo com a questão 35, na qual o porto respondeu se faz o monitoramento de informações climáticas (nível do mar, ventos, precipitação, temperatura, altura da onda, visibilidade e velocidade de corrente), observa-se que o Porto de Imbituba apontou que todas as informações apresentadas são monitoradas, ainda que seus limiares críticos não sejam conhecidos. De acordo com os respondentes, o nível do mar é monitorado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e pelo IBGE. Os respondentes apontaram que a EPAGRI também monitora ventos, precipitação e temperatura. A visibilidade, velocidade de corrente e ondas são monitoradas diariamente por meio do Perfilador Acústicos por Efeito Doppler (ADCP).

SÍNTESE

O Porto de Imbituba está localizado no estado de Santa Catarina e possui importante relevância econômica para a região, devido a sua localização que atende a região centro-sul do estado e o norte do Rio Grande do Sul. Conta com potencial de crescimento em sua movimentação com a conclusão da BR- 285 que reduzirá a distância até o noroeste do Rio Grande do Sul ao porto. Movimenta todos os tipos de carga, com menor ênfase no granel líquido, que deve ser incrementado com a licitação futura da área A4.

Situa-se em área não abrigada, para proteção dos berços em relação às correntes e ressacas. E, apesar de contar com quatro quebra-mares, as ressacas ainda impactam o canal de acesso, berço e os próprios quebra-mares. Outras ameaças como vendavais, tempestades/chuvas torrenciais, neblina e erosão costeira ocorrem com relevante frequência no Porto de Imbituba e podem ser explicados por fatores relacionados a sua posição geográfica.

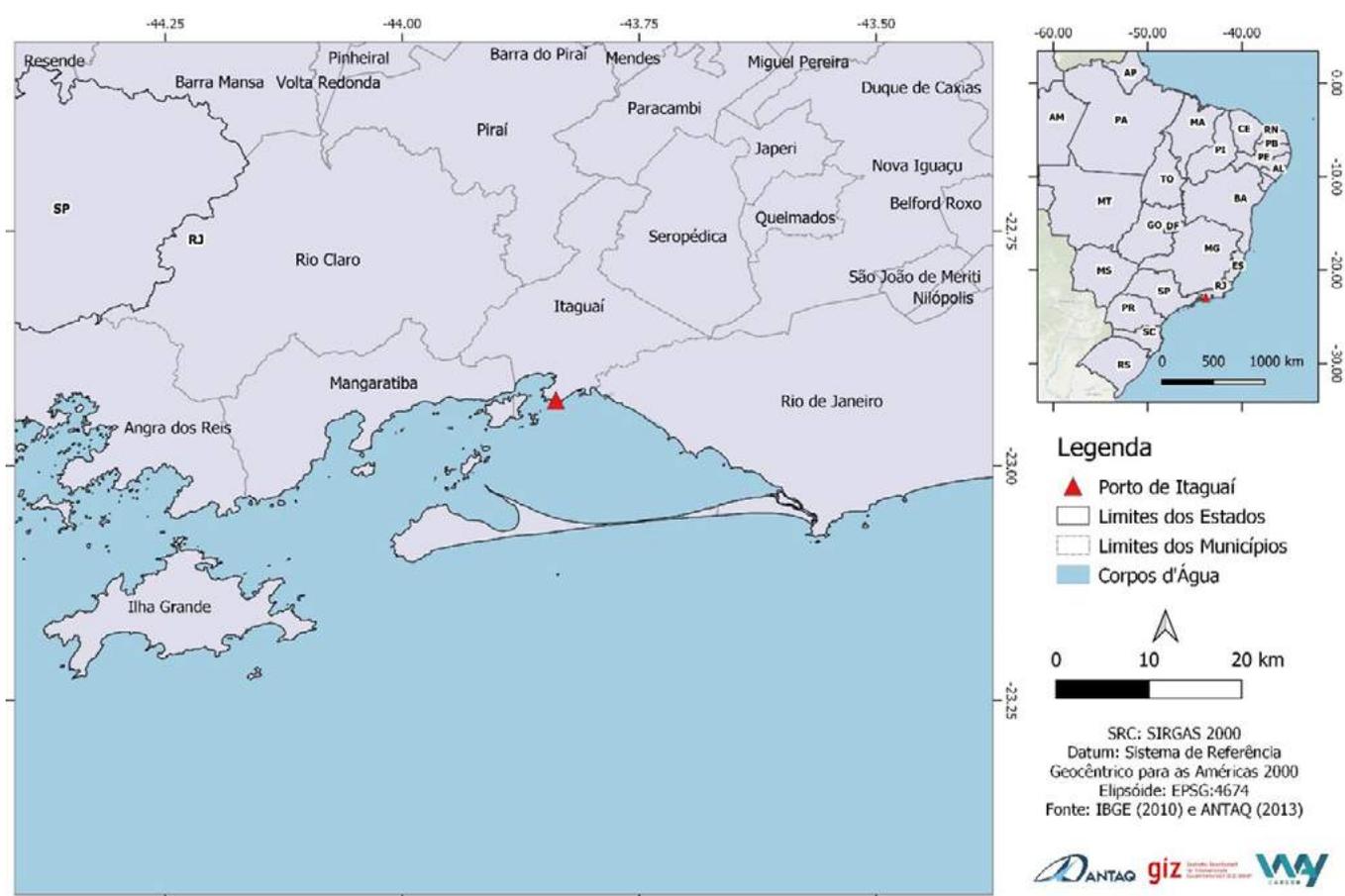
Destaca-se que o acesso aquaviário, o canal de acesso e a entrada e saída de navios sofrem grande impacto por conta das condições climáticas da região, sobretudo devido a vendavais e ressacas. Em relação à frequência, as principais ocorrências são de ressacas e erosões que ocorrem pelo menos uma vez por ano.

O porto monitora todas as informações climáticas quer seja por meio de outras instituições como IBGE e EPAGRI, quer seja pelo Programa de Monitoramento das Condições Hidrodinâmicas do próprio porto. O porto apresentou informações sobre os limiares relacionados à velocidade do vento para quase todas as instalações, representando uma grande preocupação para operacionalidade do Porto de Imbituba.

3.3.3.7 :: Porto de Itaguaí

O Porto de Itaguaí, administrado pela Companhia Docas do Rio de Janeiro – CDRJ, está localizado na cidade de Itaguaí-RJ (Figura 28). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimenta carga containerizada, carga geral, granel sólido, líquido e gasoso, sendo registradas, em média, 48.520.2016 toneladas movimentadas por ano. Ressalta-se que o granel líquido e o gasoso foram movimentados apenas no ano de 2018.

Figura 28: Localização do Porto de Itaguaí.



AMEAÇAS

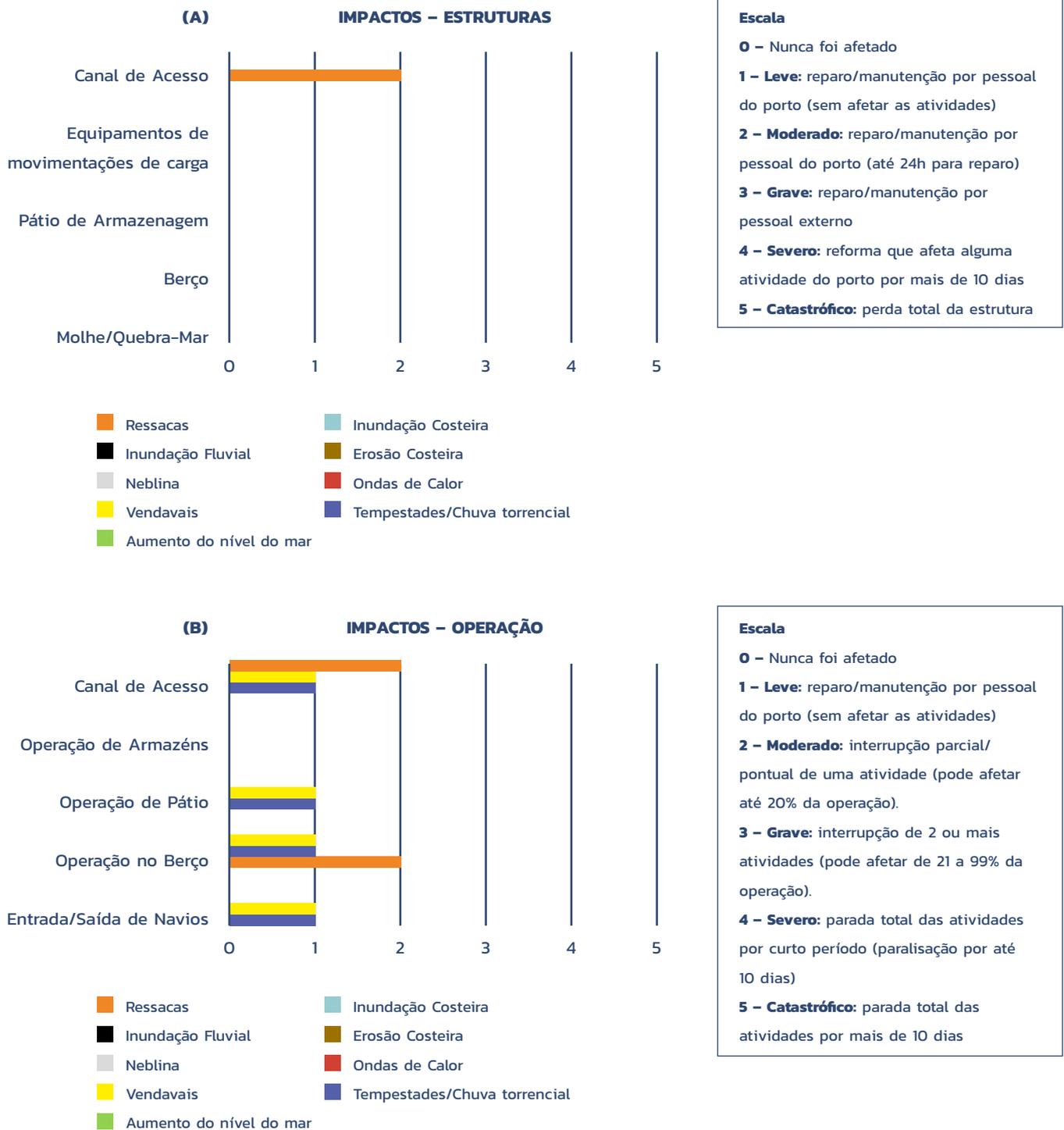
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Itaguaí apontou como eventos extremos as ressacas que ocorreram em 29 de setembro de 2020 os vendavais que ocorreram em 26 de junho de 2020 e as tempestades/chuvas torrenciais que ocorreram em 07 de julho de 2019.

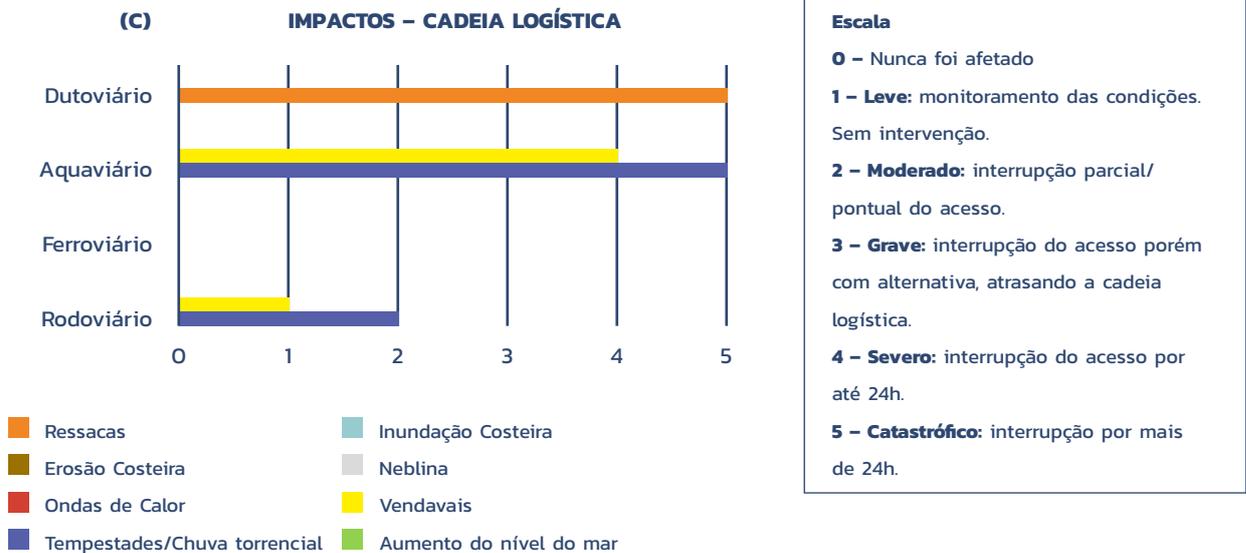
Destaca-se que as questões referentes aos impactos reforçam a relevância das ressacas, vendavais e tempestades/chuvas torrenciais para o Porto de Itaguaí.

IMPACTOS

A Figura 29 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Itaguaí respondeu sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 29: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Itaguaí: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

- I. **Ressacas:** O canal de acesso já sofreu impactos de grau 2, classificado como moderado, devido a ressacas, havendo a necessidade de reparo/manutenção por pessoal do porto.

Operação

- I. **Ressacas:** As operações do canal de acesso e berço já foram afetadas pelas ressacas com um impacto de grau 2, classificado como moderado, acontecendo a interrupção pontual/parcial de uma atividade.
- II. **Tempestades/chuvas torrenciais:** As operações do canal de acesso, pátio, entrada/saída de navios e berço já foram afetadas pelas tempestades com um impacto de grau 1, classificado como leve, havendo a necessidade de reparo/manutenção por parte do pessoal do porto.
- III. **Vendavais:** As operações do canal de acesso, pátio, entrada/saída de navios e berço já foram afetadas pelos vendavais com um impacto de grau 1, classificado como leve, havendo a necessidade de reparo/manutenção por parte do pessoal do porto.

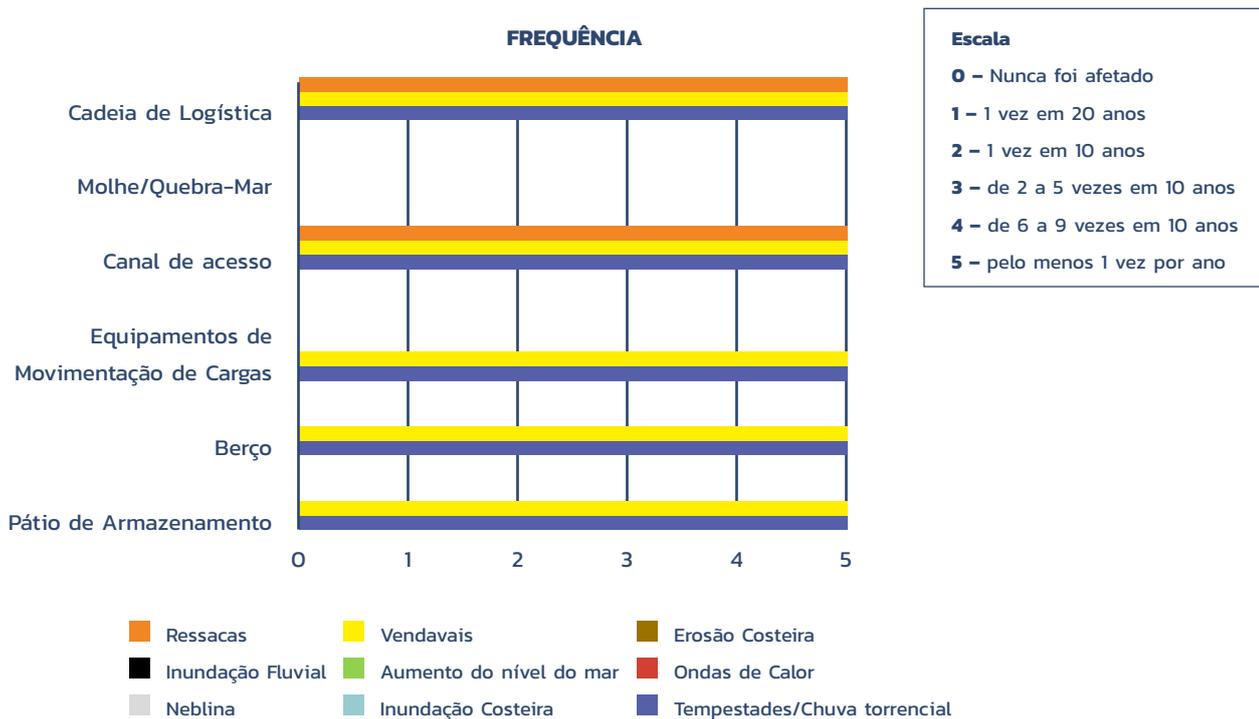
Cadeia Logística

- I. **Ressacas:** As ressacas geraram impacto apenas no acesso dutoviário, sendo esse impacto classificado como catastrófico (Grau 5), ocorrendo a interrupção por mais de 24horas.
- II. **Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades geraram impacto no acesso aquaviário e rodoviário gerando para o aquaviário um impacto classificado como catastrófico (Grau 5), ocorrendo a interrupção por mais de 24horas, e para o rodoviário um impacto classificado como moderado (Grau 2), acontecendo interrupção parcial/pontual do acesso.
- III. **Vendavais:** Os vendavais geraram impacto no acesso aquaviário e rodoviário gerando para o aquaviário um impacto classificado como severo (Grau 4), ocorrendo a interrupção por mais de 24horas, e para o rodoviário um impacto classificado como leve (Grau 1), havendo a necessidade de monitoramento das condições, porém sem intervenções.

FREQUÊNCIA

A Figura 30 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Itaguaí, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 30: Resultados da questão 8 do Porto de Itaguaí: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas ressacas, vendavais e tempestades/chuvas torrenciais causam impacto com considerável frequência no Porto de Itaguaí nos últimos anos.

As ressacas causaram impacto pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística e no canal de acesso. Os vendavais também causaram impacto com uma frequência de pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística, no canal de acesso, nos equipamentos de movimentação de cargas, no berço e no pátio de armazenamento. Na mesma frequência, pelo menos 1 vez por ano, as tempestades/chuvas torrenciais causaram impacto na cadeia logística, no canal de acesso, nos equipamentos de movimentação de cargas, no berço e no pátio de armazenamento.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 11 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de Itaguaí:

Tabela 11: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 a 21 (limiares críticos nas operações) e 23 a 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Itaguaí.

PORTO DE ITAGUAÍ		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	3	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	2	N/A	60	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	2	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Ferroviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	2	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e ressacas são as que já geraram algum impacto para o Porto de Itaguaí, faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/h), precipitação (mm/dia) e aumento do nível do mar, para o pleno funcionamento do porto.

O porto apresentou informações sobre os limiares relacionados à velocidade do vento para várias instalações e de nível do mar para o berço e canal de acesso/entrada e saída de navios. Entretanto, realizando um paralelo com a questão 35, na qual o porto respondeu se ele realiza o monitoramento de informações climáticas foi relatado que para o nível do mar o monitoramento é realizado por meio do marégrafo de arrendatários e tábua da Marinha, e para a velocidade da corrente e altura das ondas é utilizado ADCP – *Acoustic Doppler Current Profiler* de arrendatários. Não há, assim, monitoramento de velocidade de vento, precipitação, temperatura e visibilidade.

SÍNTESE

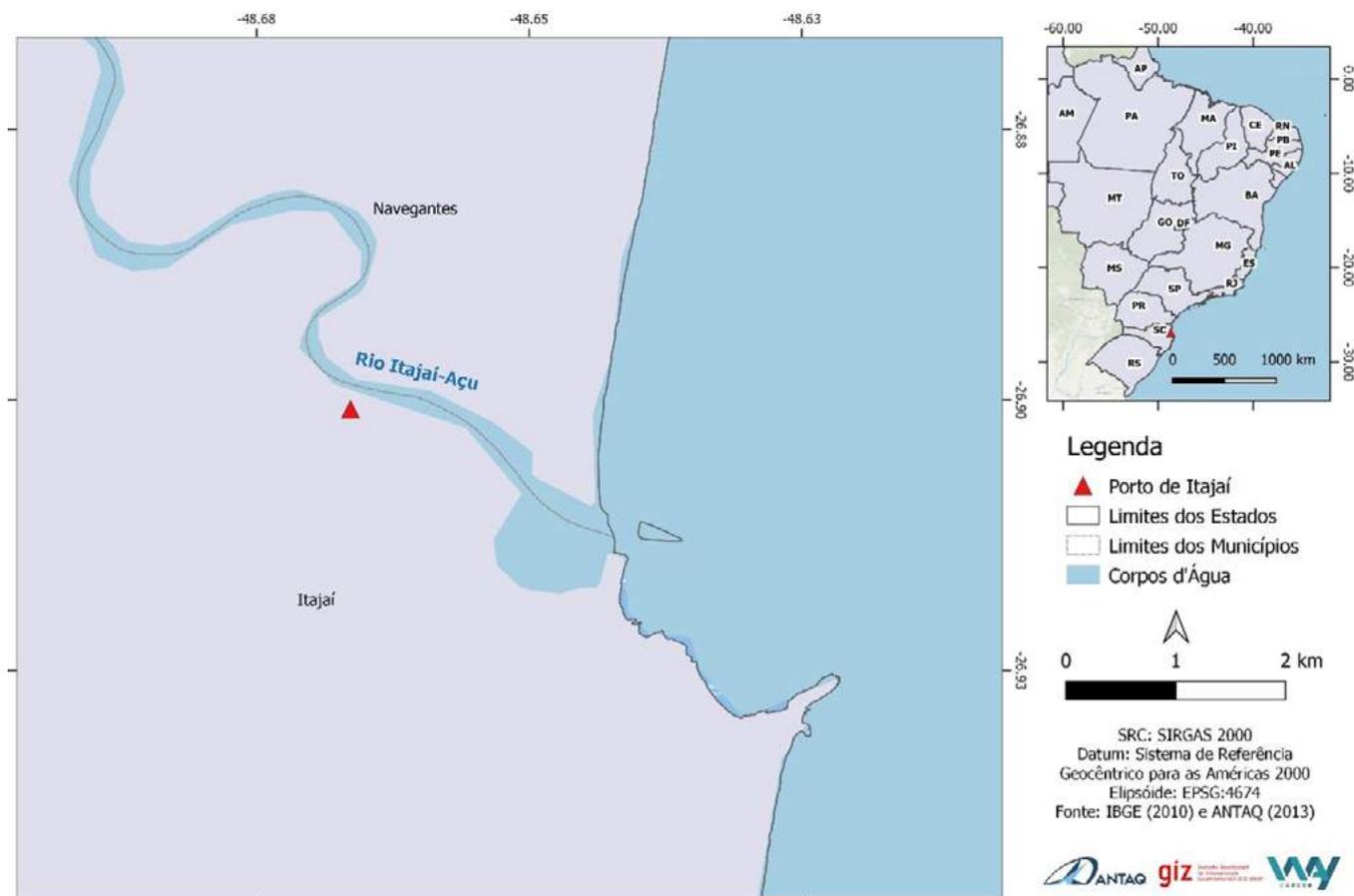
O Porto de Itaguaí é um dos principais portos públicos brasileiros em termos de movimentação, concentrada em granéis minerais, contêineres e carga geral. Situa-se em área abrigada na Baía de Sepetiba, portanto não conta com instalações de proteção (quebra-mar) para os berços. Possui acesso à logística ferroviária que proporciona incremento nos volumes movimentados, sobretudo de minérios.

Em relação às ameaças, destaca-se que as ressacas afetam o acesso aquaviário, o canal de acesso e a entrada e saída de navios na entrada da baía, mas não afetam os berços por estarem situados em área abrigada. Enquanto os vendavais e tempestades/chuvas torrenciais afetam a operação e cadeia logística do porto. Essas três ameaças já provocaram impacto catastrófico no porto, com interrupção das operações por mais de 24 horas. No que se refere à frequência dos eventos, as ressacas, vendavais e tempestades/chuvas torrenciais afetam a operacionalidade do porto pelo menos uma vez por ano.

3.3.3.8 :: Porto de Itajaí

O Porto de Itajaí, administrado pela Superintendência do Porto de Itajaí, está localizado na cidade de Itajaí -SC, na margem direita do Rio Itajaí-Açu (Figura 31). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimenta carga containerizada e carga geral, sendo registradas, em média, 5.979.919 toneladas movimentadas por ano.

Figura 31: Localização do Porto de Itajaí.



AMEAÇAS

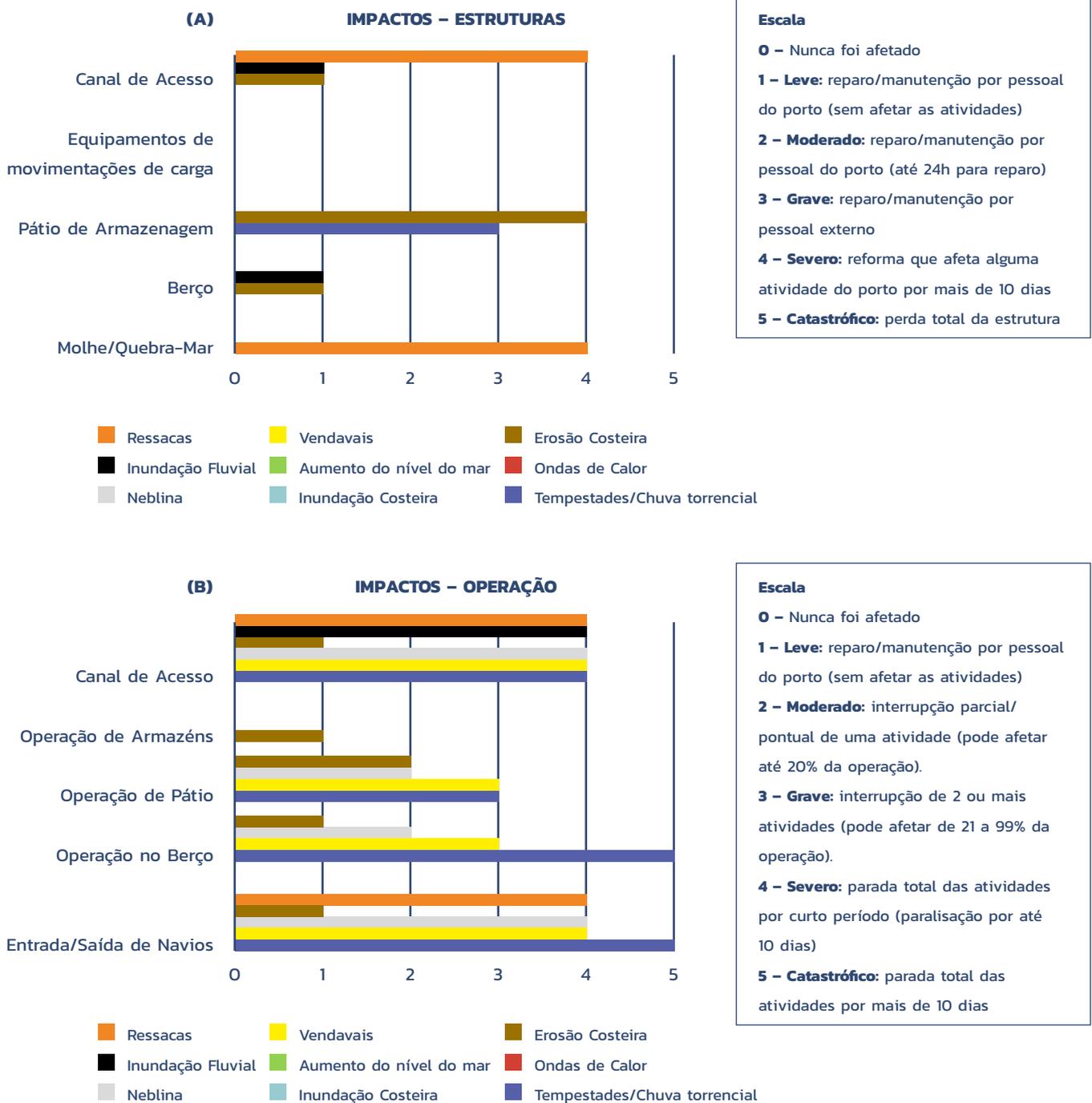
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Itajaí apontou os seguintes eventos extremos registrados: vendavais ocorridos em 04 de novembro de 2020; as erosões costeiras ocorridas em 26 de novembro de 2008; e as inundações fluviais ocorridas em 26 de novembro de 2008. As inundações que ocorreram em Itajaí causaram grande destruição. O nível do rio chegou a subir 2,5 metros e cerca de 85 % do território da cidade ficou submerso. Na ocasião, três dos quatro berços de atracação do Porto de Itajaí foram danificados pela correnteza e as operações foram suspensas³.

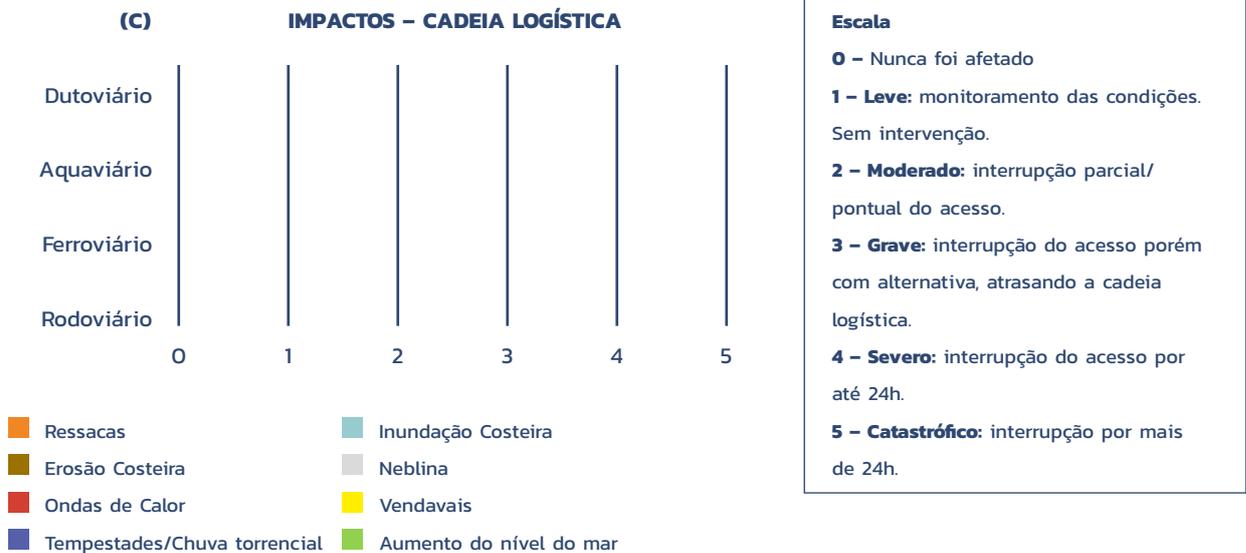
3. Material disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/especial-publicitario/cau-sc/conselho-de-arquitetura-e-urbanismo-sc/noticia/2018/12/05/10-anos-da-tragedia-do-vale-do-itajai-o-que-aprendemos.ghtml>.

IMPACTOS

A Figura 32 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Itajaí relatou sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 32: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto do Itajaí: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

- I. Ressacas:** O canal de acesso e molhe/quebra-mar já sofreram impactos de grau 4 devido a ressacas, o que representa um impacto severo, havendo reforma que afeta alguma atividade do porto por mais de 10 dias.
- II. Inundação Fluvial:** Para o canal de acesso e berço as inundações fluviais já geraram impactos de grau 1, leve, ocorrendo reparo/manutenção sem afetar as atividades.
- III. Erosão Costeira:** O canal de acesso e berço já foram impactados por erosões costeiras, sendo um impacto classificado como leve (Grau 1), ocorrendo reparo/manutenção sem afetar as atividades. Para o pátio de armazenagem o impacto foi severo (Grau 4), havendo reforma que afeta alguma atividade do porto por mais de 10 dias.
- IV. Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades já impactaram o pátio de armazenagem em um grau grave (Grau 3), ocorrendo reparo/manutenção por pessoal externo.

Operação

- I. Ressacas:** As operações de canal de acesso e entrada/saída de navios já foram afetadas igualmente pelas ressacas com um impacto de grau 4, classificado como severo, acontecendo a parada total das atividades por curto período.
- II. Inundação Fluvial:** Para a operação do canal de acesso as inundações fluviais já geraram impactos de grau 4, classificado como severo, acontecendo a parada total das atividades por curto período.
- III. Erosão Costeira:** As operações do canal de acesso, de armazéns, berço e entrada/saída já foram afetadas pelas erosões costeiras, as quais geraram um impacto leve (Grau 1), havendo a necessidade de reparo/manutenção por pessoal do porto, sem afetar as atividades. Para operação de pátio o impacto foi classificado como moderado (Grau 2), acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade.
- IV. Neblina:** Para a operação do canal de acesso e entrada/saída de navios as neblinas geraram um impacto severo (Grau 4), acontecendo a parada total das atividades por curto período. Para a operação do pátio e berço o impacto foi classificado como moderado (Grau 2), acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade.

V. Tempestades/chuvas torrenciais: Para a operação do canal do acesso as tempestades geraram um impacto severo (Grau 4), acontecendo a parada total das atividades por curto período. Para a operação do berço e entrada/saída de navio o impacto foi classificado como catastrófico (Grau 5), ocorrendo parada total das atividades por mais de 10 dias. Já para o pátio, o impacto foi classificado como grave (Grau 3), acontecendo a interrupção de 2 ou mais atividades.

VI. Vendavais: Para a operação do canal do acesso e entrada/saída de navios as tempestades geraram um impacto severo (Grau 4), acontecendo a parada total das atividades por curto período. Para a operação de pátio e berço o impacto foi classificado como grave (Grau 3), acontecendo a interrupção de 2 ou mais atividades.

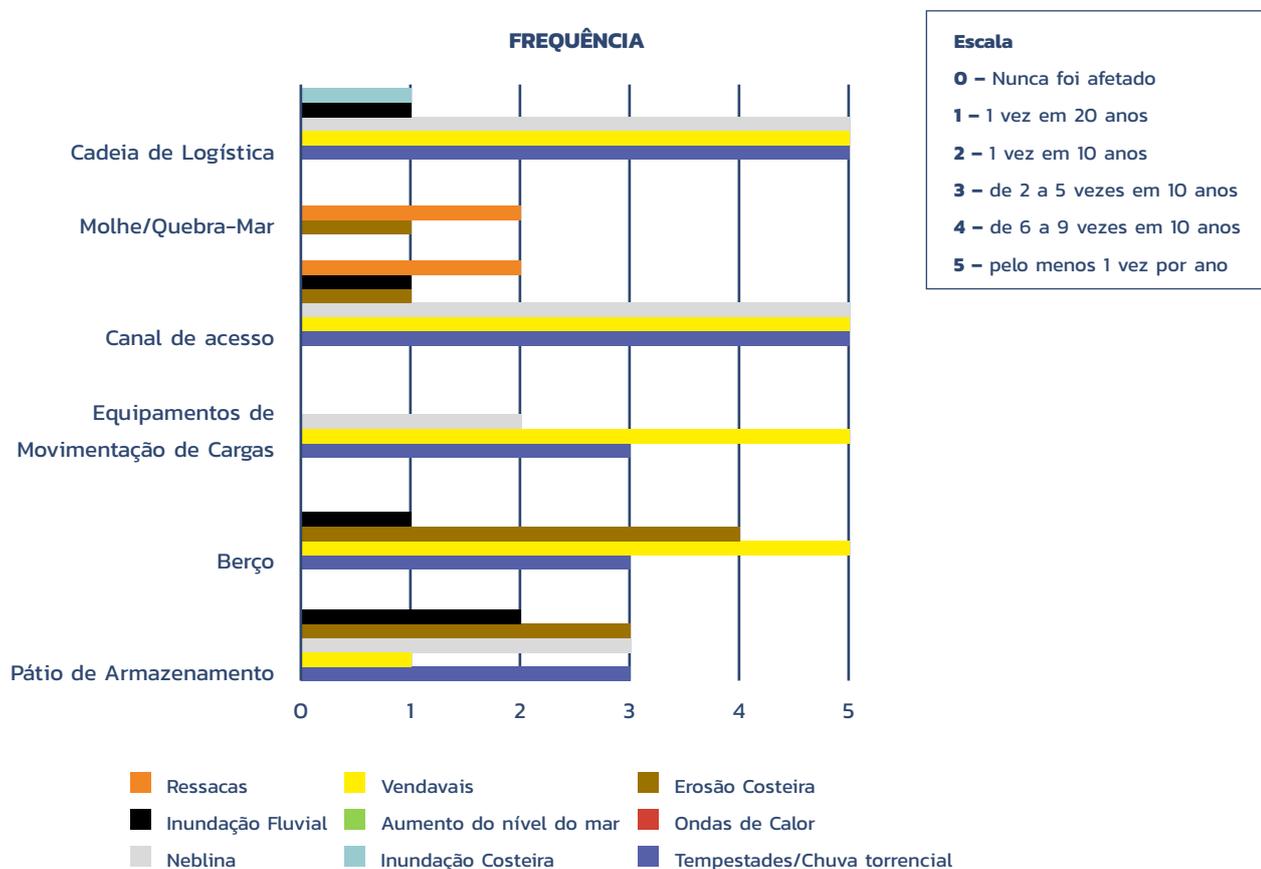
Cadeia Logística

Segundo os respondentes, não houve impactos nos acessos.

FREQUÊNCIA

A Figura 33 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Itajaí, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 33: Resultados da questão 8 do Porto de Itajaí: frequência das ameaças climáticas com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas inundações fluviais, inundações e erosão costeira, ressacas, vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e neblina possuem certa frequência de impactos em todos os aspectos analisados nos últimos 20 anos no Porto de Itajaí.

As inundações fluviais causaram impacto 1 vez em 20 anos na cadeia logística, no canal de acesso, no berço e 1 vez em 10 anos no pátio de armazenamento. Já as inundações costeiras causaram impacto cadeia logística 1 vez em 20 anos. As ressacas impactaram no molhe/quebra-mar e no canal de acesso 1 vez em 10 anos.

Os vendavais já causam impacto com uma frequência de pelo menos 1 vez no ano na cadeia logística, no canal de acesso, nos equipamentos de movimentação de cargas e no berço. No pátio de armazenamento a frequência de impactos causados por vendavais foi de 1 vez em 20 anos.

As tempestades/chuvas torrenciais também já causaram impacto pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística e canal de acesso. Nos equipamentos de movimentação de cargas, no berço e no pátio de armazenamento a frequência dos vendavais que já causaram impacto foi de 2 a 5 vezes em um período de 10 anos.

A erosão costeira já impactou o molhe/quebra-mar e canal de acesso em uma frequência de 1 vez em 20 anos. No berço a frequência de impacto foi de 6 a 9 vezes em 10 anos, e, por último, no pátio de 2 a 5 vezes em 10 anos.

As neblinas causaram impacto com uma frequência de pelo menos uma vez no ano na cadeia logística e canal de acesso. Nos equipamentos de movimentação de cargas a frequência de impacto foi de 1 vez em 10 anos e no pátio de 2 a 5 vezes nos últimos 10 anos.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 12 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de Itajaí:

Tabela 12: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Itajaí.

PORTO DE ITAJAÍ		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	40	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	N/A	33	N/A	N/A	100
	Berço	N/A	N/A	40	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Ferroviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	N/A	N/A	33	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas inundações fluviais, vendavais, tempestades/chuvas torrenciais, ressacas, erosão costeira e neblina são as que já geraram algum impacto para o Porto de Itajaí, faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/hora), precipitação (mm/dia), aumento do nível do mar (m), temperatura mínima (°C) e nível de água em tempestades (m), para o pleno funcionamento do porto.

Fazendo um paralelo com a questão 35, o porto monitora todas as informações climáticas por meio de estação própria, mas não tem informações sobre limiares, à exceção de limiares relacionados à velocidade do vento e precipitação máxima diária para a entrada e saída de navios.

SÍNTESE

O Porto de Itajaí possui gestão municipal e, atualmente, encontra-se em estudos para concessão à iniciativa privada. É considerado um dos principais portos na movimentação de contêineres no Estado de Santa Catarina, por meio do arrendamento da APM Terminals.

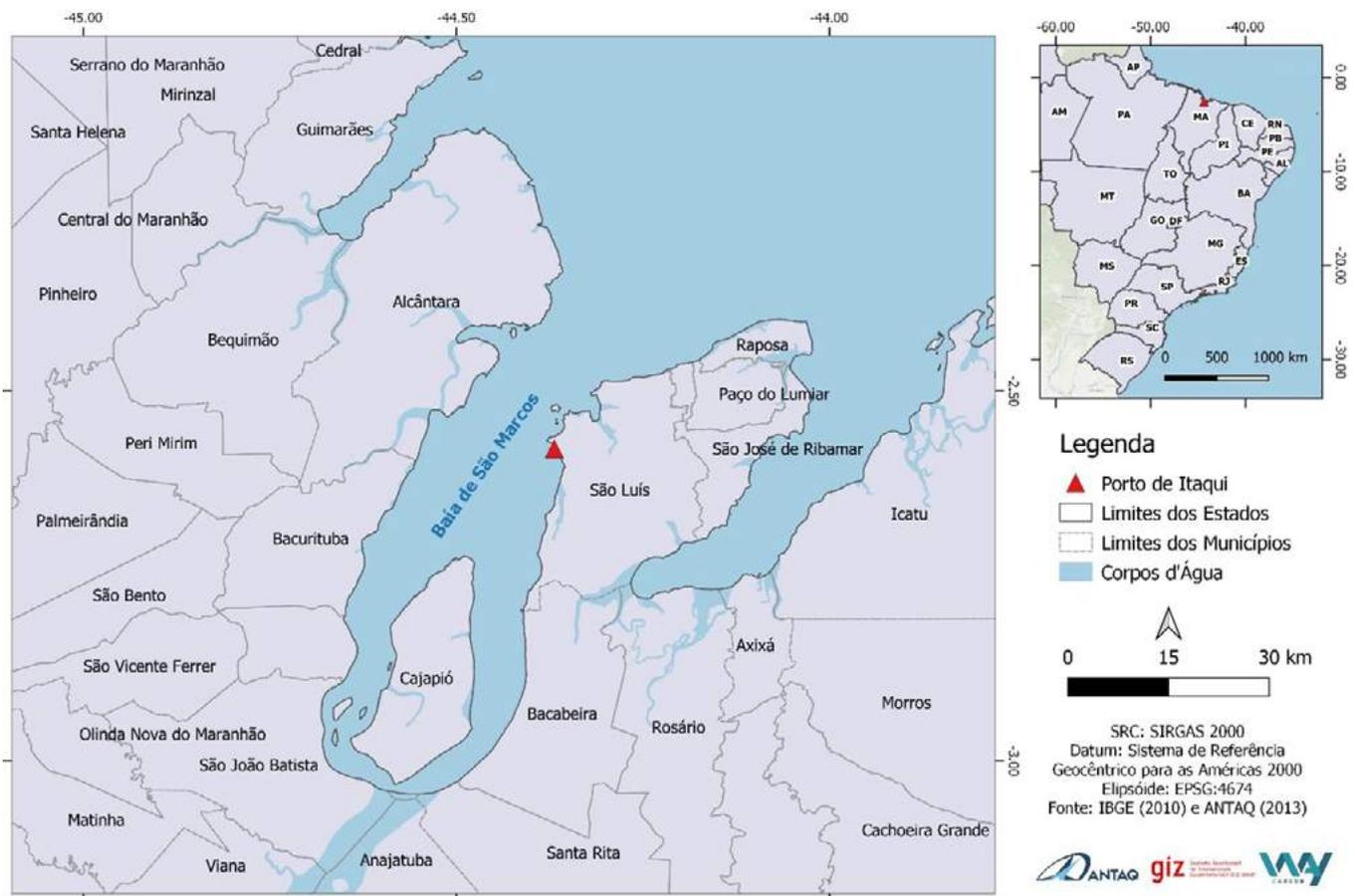
O porto está localizado no rio Itajaí-Açu e sofre influência tanto de cheias fluviais quanto da maré. Em 2008, o porto sofreu com eventos climáticos extremos tais como inundações fluviais e erosões decorrentes das chuvas intensas, que provocaram o desmoronamento de um berço e

paralisação de parte do Porto, levando a um cenário catastrófico, com interrupção das atividades por mais de 10 dias. Pelo lado do mar, as ressacas afetam o canal de acesso/ entrada e saída de navios e o quebra-mar. Outras ameaças climáticas relevantes no Porto de Itajaí são vendavais, tempestades/chuvas torrenciais, neblina e inundações costeiras. Em relação à frequência, as principais ocorrências são vendavais, tempestades/chuvas e neblina que ocorrem pelo menos uma vez por ano.

3.3.3.9 :: Porto de Itaqui

O Porto de Itaqui, administrado pela Empresa Maranhense de Administração Portuária - EMAP, está localizado na cidade de São Luís-MA, na Baía de São Marcos (Figura 34). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimenta carga containerizada e geral, e granel líquido, gasoso e sólido, sendo registradas, em média, 24.292.797 toneladas movimentadas por ano. Ressalta-se que a carga containerizada foi movimentada apenas em 2019 e 2020.

Figura 34: Localização do Porto de Itaqui.



AMEAÇAS

Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Itaqui sofre impactos relacionados com a variação de maré e apontaram o aumento do nível do mar como uma ameaça climática relevante. Isso porque, o Maranhão tem a maior variação de maré do Brasil, e uma das maiores do mundo, sendo que essa variação acontece, em especial, na Baía de São Marcos, junto à cidade de São Luís, onde o porto se localiza, podendo chegar a 8 metros em certas épocas do ano⁴. Com o

4. <https://www.viagenscaminhos.com/2016/11/maranhao-tem-maior-variacao-da-mare-do-brasil.html>

aumento do nível do mar, causado pelas mudanças climáticas, a variação natural da maré pode ser intensificada. No entanto, cabe aqui ressaltar, que não será escopo desse trabalho a modelagem hidrodinâmica das marés, ficando a análise restrita somente às questões climáticas.

IMPACTOS

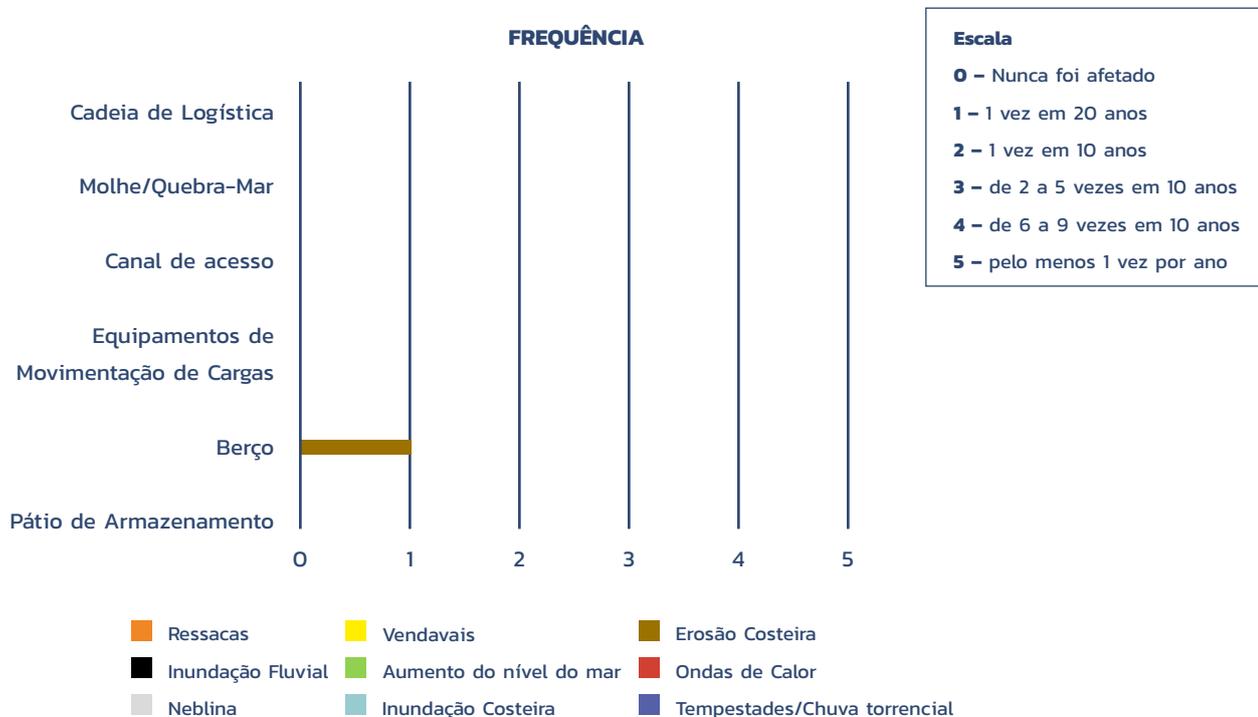
Em relação aos resultados das questões 11, 17 e 22, segundo os respondentes, o Porto de Itaqui não possui registro de impactos para as ameaças apresentadas. No processo de revisão realizado, foi apontado que pelo fato de estarem em uma área muito abrigada, e ainda a presença da Ilha de Guarapirá, bem à frente do porto, funcionando como um quebra-mar natural, a estrutura portuária, praticamente, não sofre impactos consideráveis causados por ameaças climáticas.

FREQUÊNCIA

A Figura 35 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Itaqui, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Nota-se que a única ameaça climática já registrada e que causou leve dano ao berço é a erosão costeira em uma frequência de 1 vez em 20 anos.

Figura 35: Resultados da questão 8 do Porto de Itaqui: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou dano a infraestrutura).



LIMIARES CRÍTICOS

O Porto de Itaqui não apontou nenhum limiar crítico e, também, não realiza o monitoramento de informações climáticas.

SÍNTESE

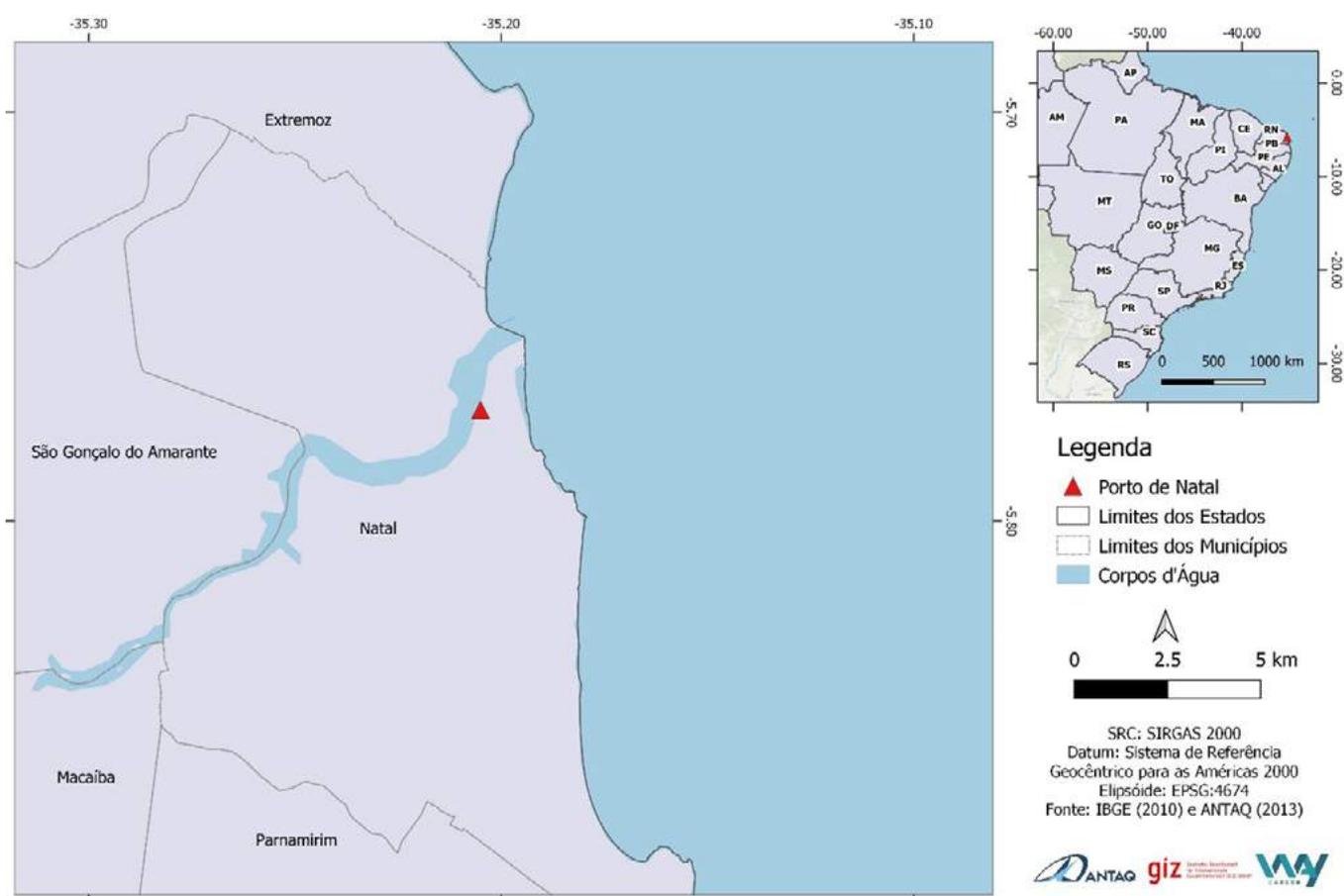
O Porto de Itaqui possui a maior movimentação de cargas do Nordeste. O Porto recebe cargas provenientes de três ferrovias: Ferrovias Transnordestina Logística S.A. (FTL), pela Estrada de Ferro Carajás (EFC) e pela Ferrovia Norte Sul, o que promove maior alcance, eficiência e escala nas operações terrestres do Porto.

Em razão de sua localização, na Baía de São Marcos, situa-se naturalmente abrigado, sem a necessidade de infraestruturas de proteção. O porto não possui registro de impactos para as ameaças apresentadas, entretanto sofre muito com o efeito das correntes e marés, por isso foi apontada a questão do aumento do nível do mar como potencial ameaça. A erosão costeira também se apresenta como ameaça climática a ser monitorada.

3.3.3.10 :: Porto de Natal

O Porto de Natal, administrado pela Companhia Docas do Rio Grande do Norte – CODERN, está localizado no município de Natal-RN, no estuário do rio Apodi (Figura 36). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimentou carga contêinerizada, geral e granel sólido, sendo registradas, em média, 696.895 toneladas movimentadas por ano.

Figura 36: Localização do Porto de Natal.



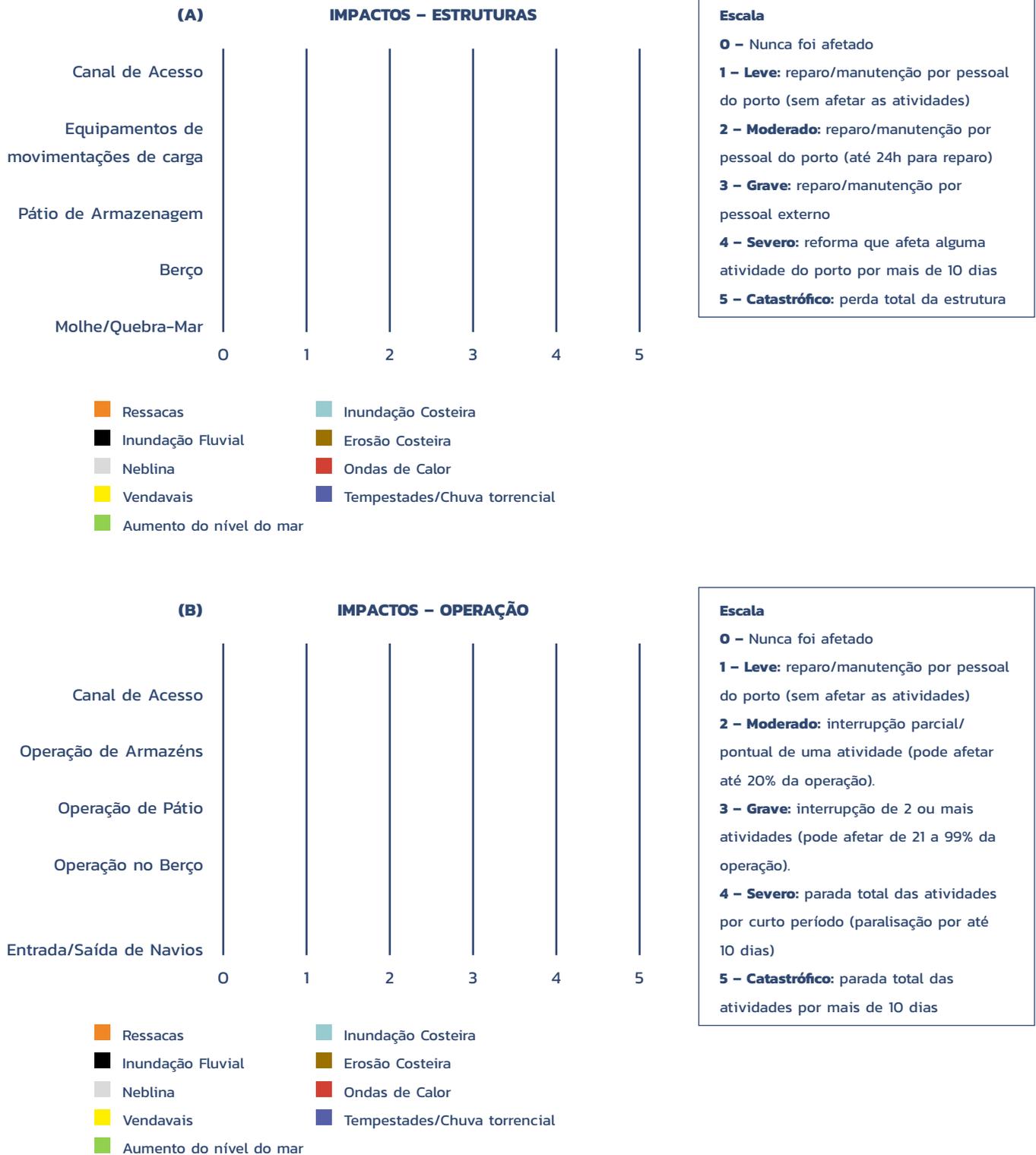
AMEAÇAS

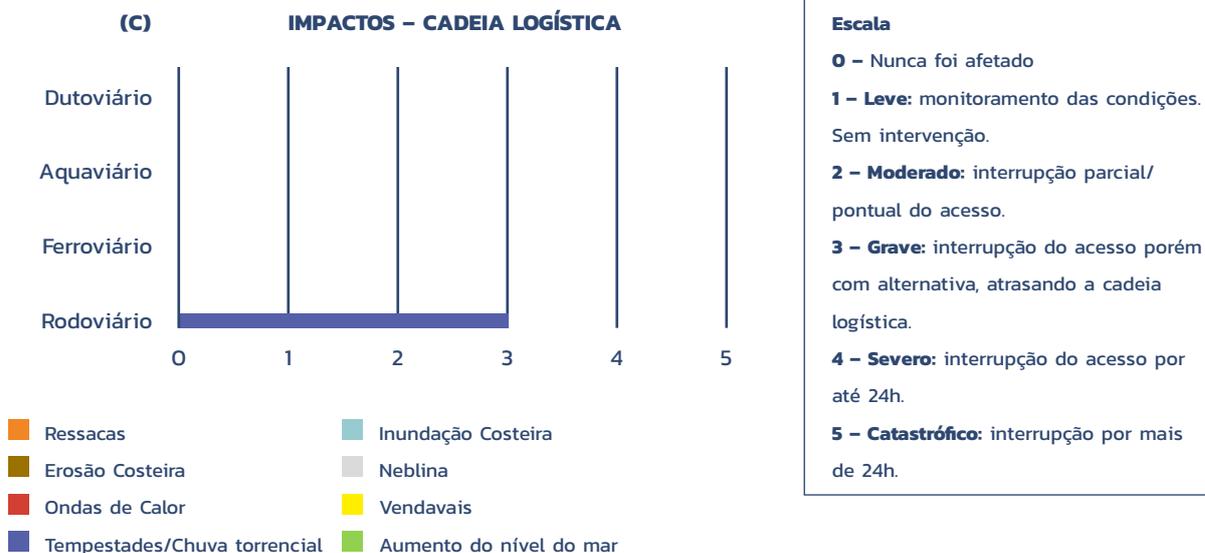
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Natal, apontou as tempestades/chuvas torrenciais ocorridas em março de 2012, como o evento extremo de maior intensidade, reforçando a relevância da ameaça para análise de impacto. Ainda, não se deve descartar a ameaça de erosão costeira, mesmo que em menor proporção.

IMPACTOS

A Figura 37 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Natal relatou sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 37: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Natal: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

Segundo os respondentes, não houve impactos nas estruturas.

Operação

Segundo os respondentes, não houve impactos na operação.

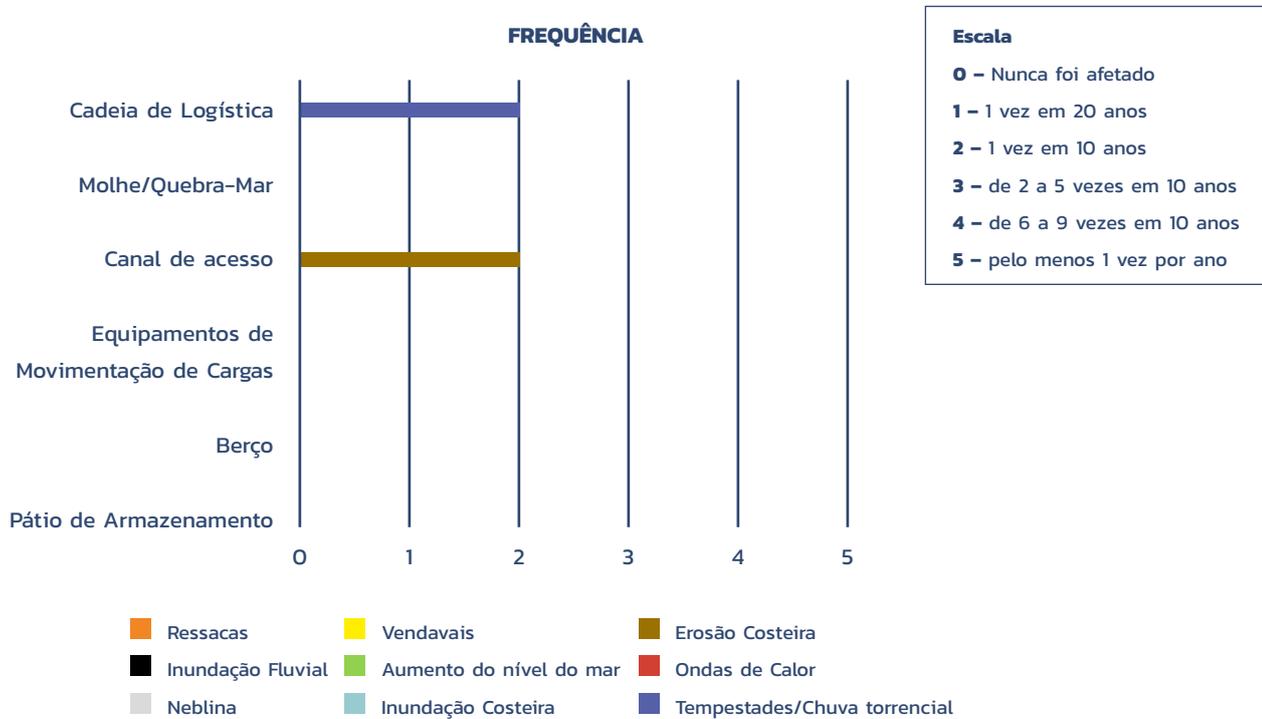
Cadeia Logística

- I. **Tempestades/Chuvas torrenciais:** Para o acesso rodoviário, as tempestades já geraram impacto de grau 3, classificado como grave, ocorrendo a interrupção do acesso, porém com alternativa, atrasando a cadeia logística.

FREQUÊNCIA

A Figura 38 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Natal, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 38: Resultados da questão 8 do Porto de Natal: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas tempestades/chuvas torrenciais e erosão costeira possuem baixa frequência de impacto no Porto de Natal. A ameaça de erosão costeira, ainda que não tenha sido apontada como grau de relevância de impacto, aparece com a frequência de 1 vez em 10 anos relacionado ao canal de acesso. Já as tempestades/chuvas torrenciais causam impacto em uma frequência de 1 vez em 10 anos na cadeia logística.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 13. abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de Natal.

Tabela 13: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 a 21 (limiares críticos nas operações) e 23 a 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Natal.

PORTO DE NATAL		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	1,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	1,5	N/A	50	40	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	N/A	45	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	1,5	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	N/A	N/A	50	45	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	1,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	1,5	N/A	50	45	N/A	110
	Pátio	1,5	N/A	50	45	N/A	110
	Armazéns	1,5	N/A	N/A	40	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	1,5	N/A	N/A	N/A	N/A	110
	Ferroviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	1,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que a ameaça climática tempestades/chuvas torrenciais é a que já gerou algum impacto para o Porto de Natal, e que tal ameaça possui uma certa frequência, faz-se importante conhecer o limiar crítico referente à precipitação (mm/dia) para o pleno funcionamento do porto. Na tabela acima, é possível observar que o porto conhece o limiar crítico da precipitação para a cadeia logística, em especial, para o acesso rodoviário, sendo esse limiar equivalente à 110mm/dia.

Realizando um paralelo com a questão 35, o Porto de Natal realiza monitoramento de todas as informações, a exceção de visibilidade, e possui limiares críticos definidos para diversas ameaças: aumento do nível do mar, velocidade do vento, temperatura máxima e precipitação. Segundo os respondentes, o nível do mar, as ondas, os ventos, e a velocidade da corrente são monitorados pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DNH/MB), a precipitação e temperatura, são monitorados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE).

SÍNTESE

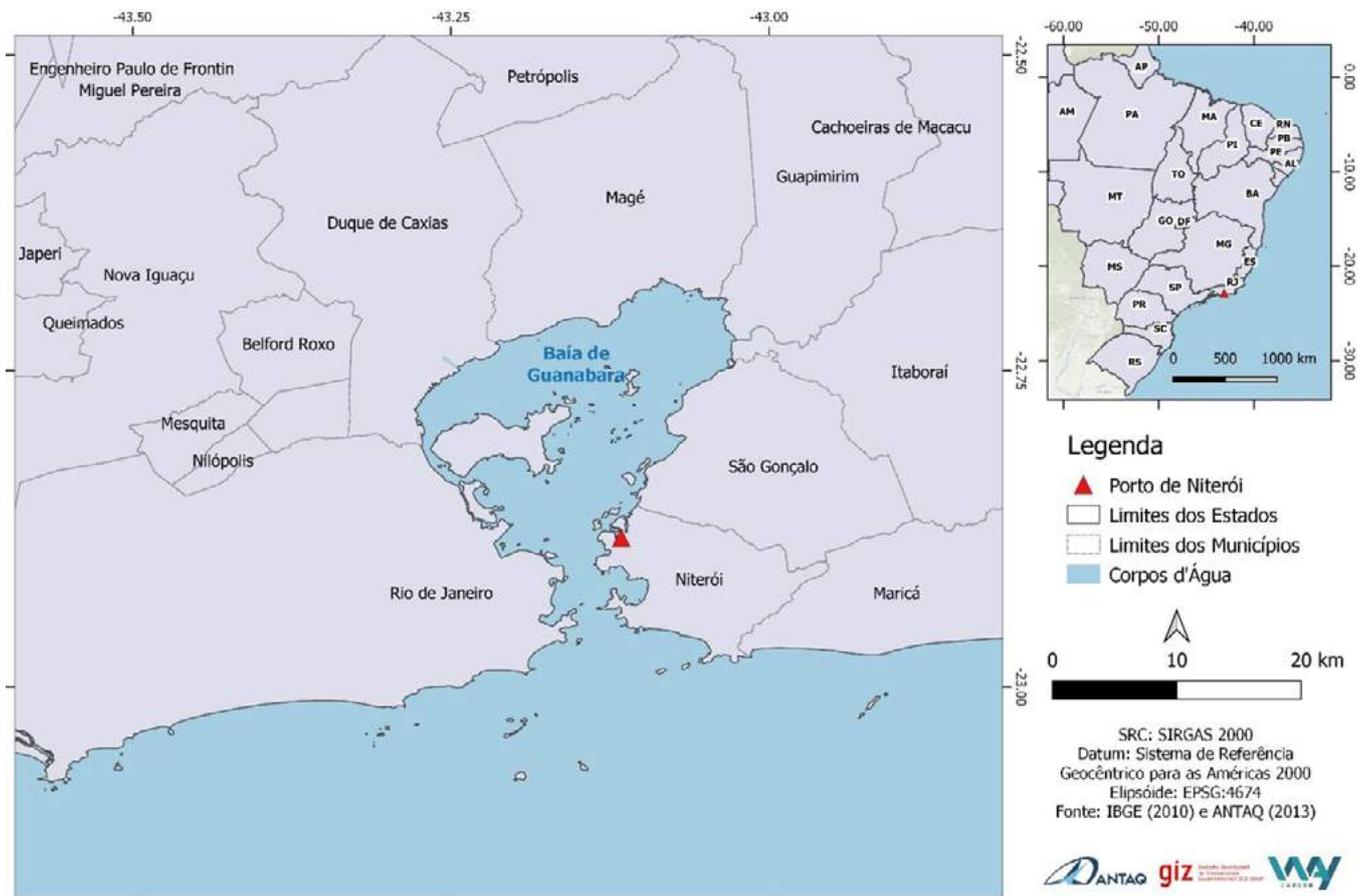
O Porto de Natal possui relevância local, movimentando cerca de 696 mil de toneladas ao ano de granéis sólidos e carga containerizada.

O porto situa-se na foz do rio Potengi, em área abrigada, não sendo impactado por inundações e ressacas. Há poucos registros de impactos das ameaças climáticas, tendo sido identificadas apenas as tempestades/chuvas torrenciais que causam impacto na cadeia logística com frequência de 1 vez a cada 10 anos e erosão costeira que ocorre na mesma frequência, com impacto no canal de acesso.

3.3.3.11 :: Porto de Niterói

O Porto de Niterói, administrado pela Companhia Docas do Rio de Janeiro (CDRJ), está localizado no município de Niterói-RJ, na costa leste da baía de Guanabara (Figura 39). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimentou apenas carga geral, sendo registradas, em média, 30.972 toneladas movimentadas por ano.

Figura 39: Localização do Porto de Niterói.



AMEAÇAS

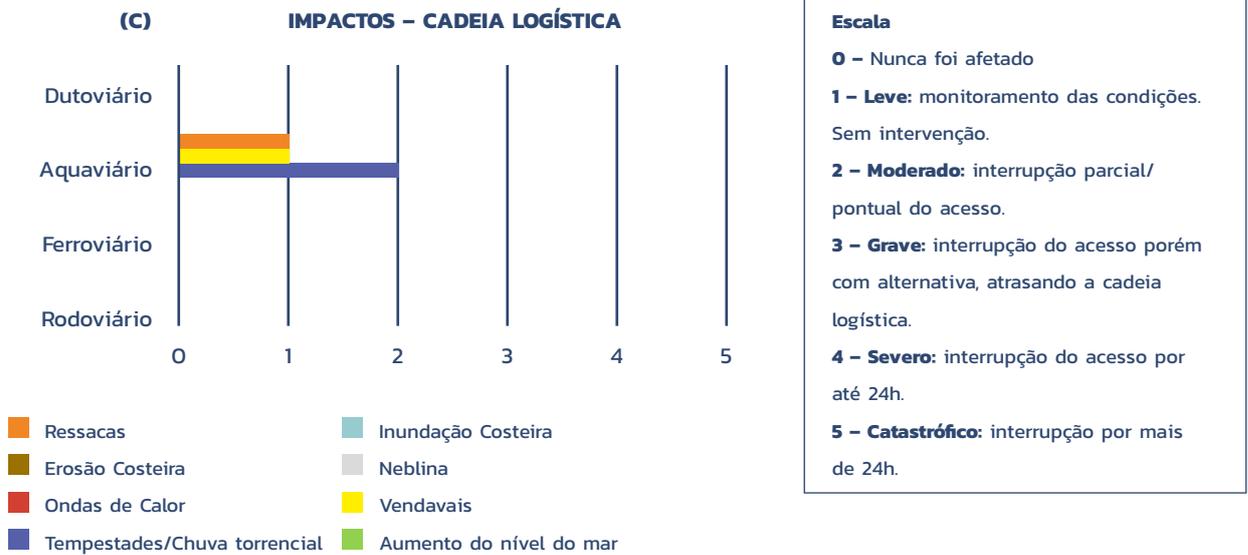
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Niterói, apontou as tempestades/chuvas torrenciais ocorridas em novembro e fevereiro de 2019, como eventos mais extremos. Além das tempestades/chuvas torrenciais, os vendavais, as ressacas e neblina são ameaças climáticas relevantes para o Porto de Niterói, como indicado na análise de impacto e frequência.

IMPACTOS

A Figura 40 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Niterói respondeu sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 40: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Niterói: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

- I. **Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades já impactaram o pátio de armazenamento em um grau leve (Grau 1), havendo a necessidade de reparo/manutenção sem afetar as atividades.

Operação

- I. **Ressacas:** As operações de entrada/saída de navios já foram afetadas pelas ressacas com um impacto de grau 2, classificado como moderado, acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade.
- II. **Tempestades/chuvas torrenciais:** As operações do canal de acesso e entrada/saída de navios já foram afetadas igualmente pelas tempestades com um impacto de grau 2, classificado como moderado, acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade. Já as operações do berço e do pátio foram impactadas em um grau leve (Grau 1), ocorrendo reparo/manutenção por parte do pessoal do porto.
- III. **Vendavais:** As operações do canal de acesso, pátio e entrada/saída de navios já foram impactadas pelos vendavais em um grau moderado (Grau 2), acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade. Para a operação dos armazéns, e do berço o impacto foi classificado como leve (Grau 1), acontecendo reparo/manutenção por parte do pessoal do porto.

Cadeia Logística

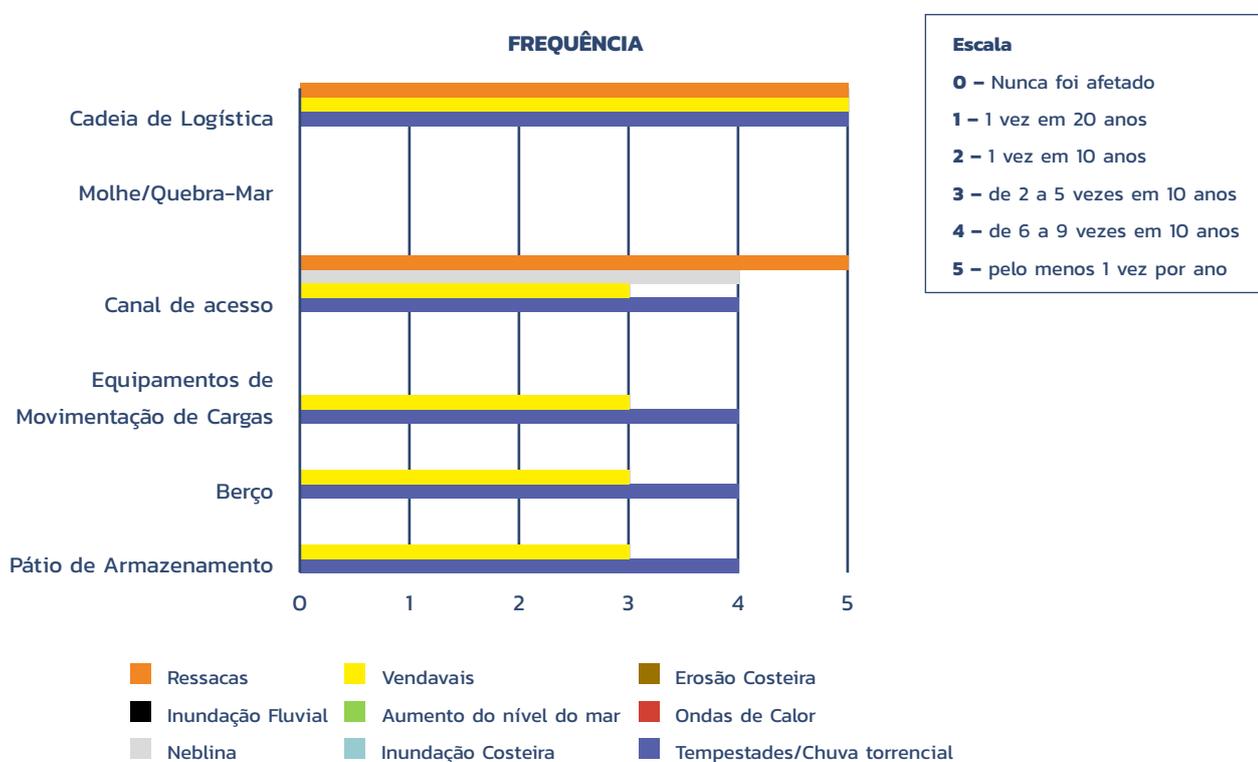
- I. **Ressacas:** As ressacas geraram impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como leve (Grau 1), havendo a necessidade de monitoramento das condições, sem intervenção.
- II. **Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades geraram impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como moderado (Grau 2), acontecendo a interrupção pontual/parcial do acesso.

III. Vendavais: Os vendavais geraram impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como leve (Grau 1), havendo a necessidade de monitoramento das condições, sem intervenção.

FREQUÊNCIA

A Figura 41 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Niterói, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 41: Resultados da questão 8 do Porto de Niterói: frequência das ameaças climáticas com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas ressacas, neblina, vendavais, tempestades/chuvas torrenciais possuem frequência considerável de impacto no Porto de Niterói nos últimos 10 anos.

As ressacas causaram impacto com frequência de pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística e no canal de acesso, ainda que não tenha sido apontada com grau de impacto relevante.

Os vendavais causaram impacto com uma frequência de pelo menos uma vez no ano na cadeia logística. No canal de acesso, nos equipamentos de movimentação de cargas, no berço e no pátio de armazenamento, a frequência dos vendavais que causaram impacto foi de 2 a 5 vezes em um período de 10 anos. No caso dos equipamentos de movimentação de carga, o grau de impacto não foi apontado pelos respondentes.

As tempestades/chuvas torrenciais causam impacto com uma frequência de pelo menos 1 vez no ano na cadeia logística. No canal de acesso, nos equipamentos de movimentação de cargas, no berço e no pátio de armazenamento, a frequência dos vendavais que causaram impacto foi de 6 a 9 vezes em um período de 10 anos. No caso dos equipamentos de movimentação de carga, o grau de impacto não foi apontado pelos respondentes.

As neblinas causaram impacto com frequência de 6 a 9 vezes em um período de 10 anos no canal de acesso, no entanto o grau de impacto não foi apontado pelos respondentes.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 14 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de Niterói:

Tabela 14: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 a 21 (limiares críticos nas operações) e 23 a 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Niterói.

PORTO DE NITERÓI		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	2	50	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Ferroviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e ressacas são as que já geraram algum impacto para o Porto de Niterói, juntamente com as neblinas, faz-se importante conhecer os limiares críticos da velocidade do vento (km/h), precipitação (mm/dia) e temperatura mínima (°C), para o pleno funcionamento do porto. Entretanto, o Porto não realiza o monitoramento de informações climáticas, como apontado na questão 35. Todavia, apresentou

informações sobre os limiares relacionados à velocidade do vento e do nível de água em tempestades para entrada e saída de navios.

SÍNTESE

O Porto de Niterói possui baixa relevância econômica com pequena movimentação de carga geral para atendimento *off-shore*.

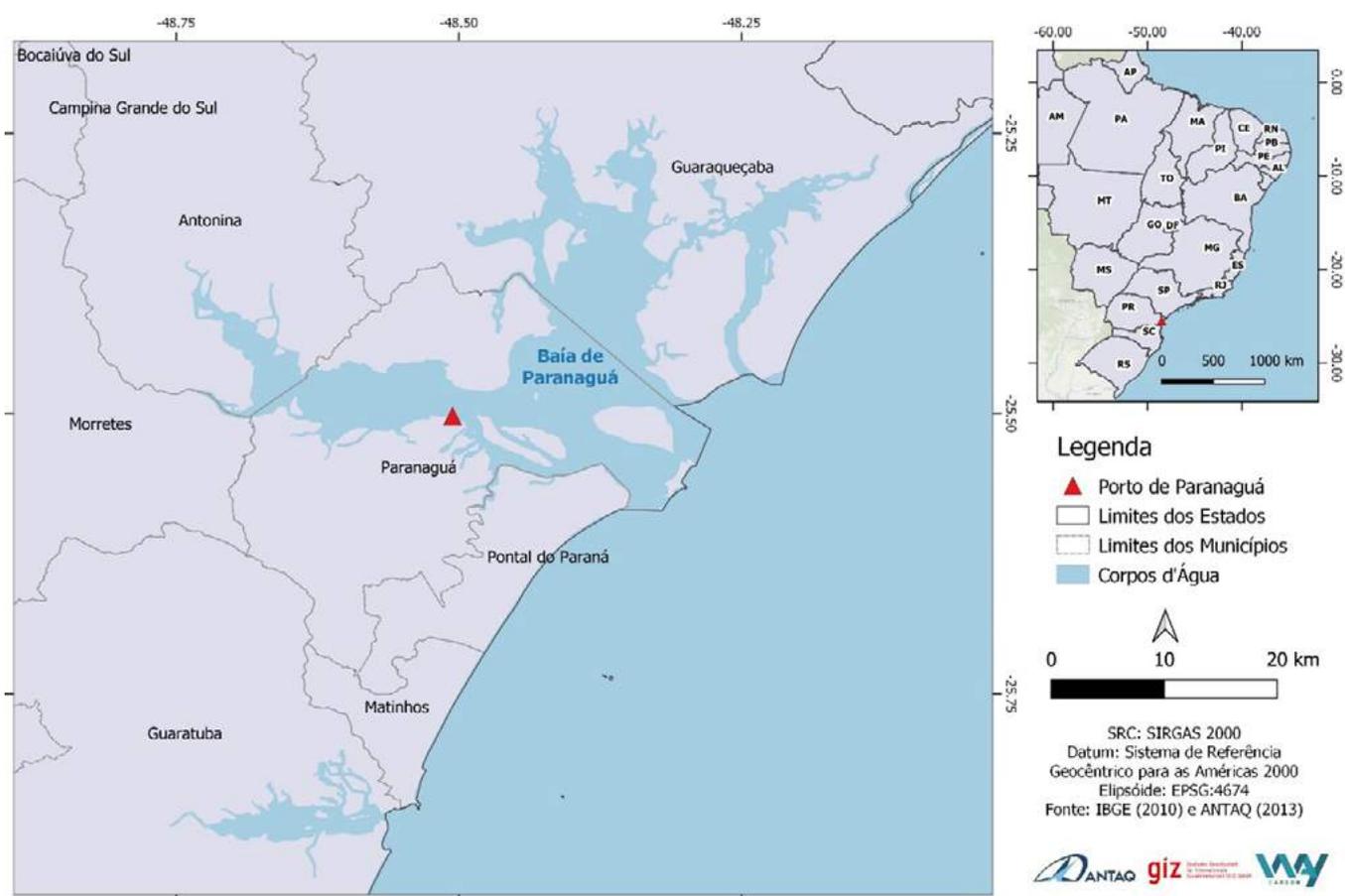
Situado na Baía de Guanabara, ainda que naturalmente abrigado, destaca-se que as tempestades/chuvas afetam o pátio e o acesso aquaviário e a entrada e saída de navios na baía. Enquanto os vendavais e ressacas afetam a operação e cadeia logística do porto. Essas três ameaças provocaram impacto moderado (pontual) na operação e cadeia logística do Porto.

No que se refere à frequência dos eventos, as ressacas, vendavais e tempestades/chuvas torrenciais afetam a operacionalidade do Porto pelo menos uma vez por ano.

3.3.3.12 :: Porto de Paranaguá

O Porto de Paranaguá, gerido pela Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina, está localizado no município de Paranaguá-PR, na Baía de Paranaguá (Figura 42). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimenta carga containerizada, geral, granel sólido, líquido e gasosos, sendo registradas, em média, 49.690.215 toneladas movimentadas por ano.

Figura 42: Localização do Porto de Paranaguá.



AMEAÇAS

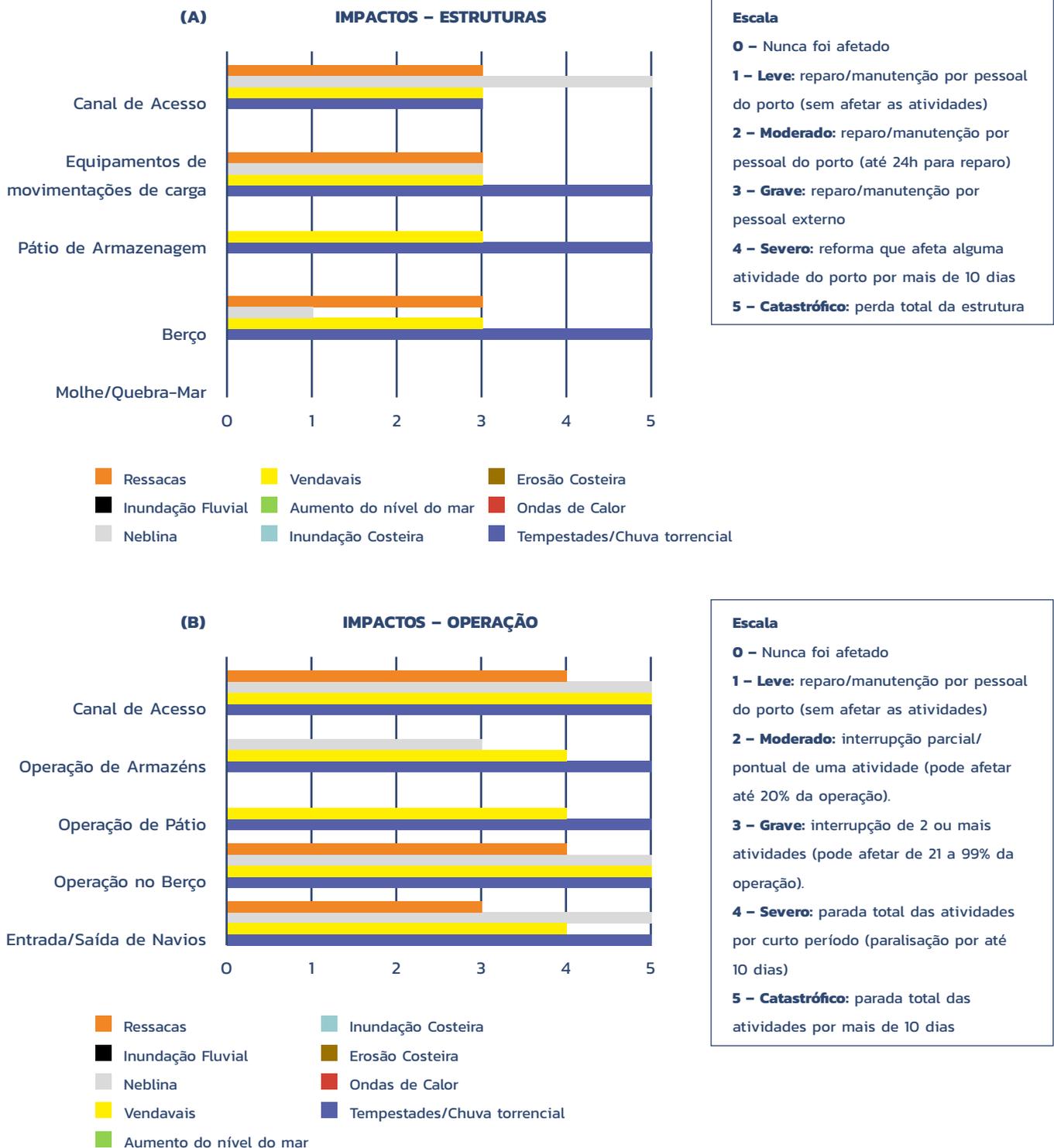
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Paranaguá, apontou como eventos extremos as tempestades/chuvas torrenciais ocorridas em 11 de março de 2011; os vendavais ocorridos em 30 de junho de 2020 (relacionado ao fenômeno do ciclone bomba, no qual as rajadas de vento superaram 120km/h); e ressacas ocorridas em 15 de agosto de 2017.

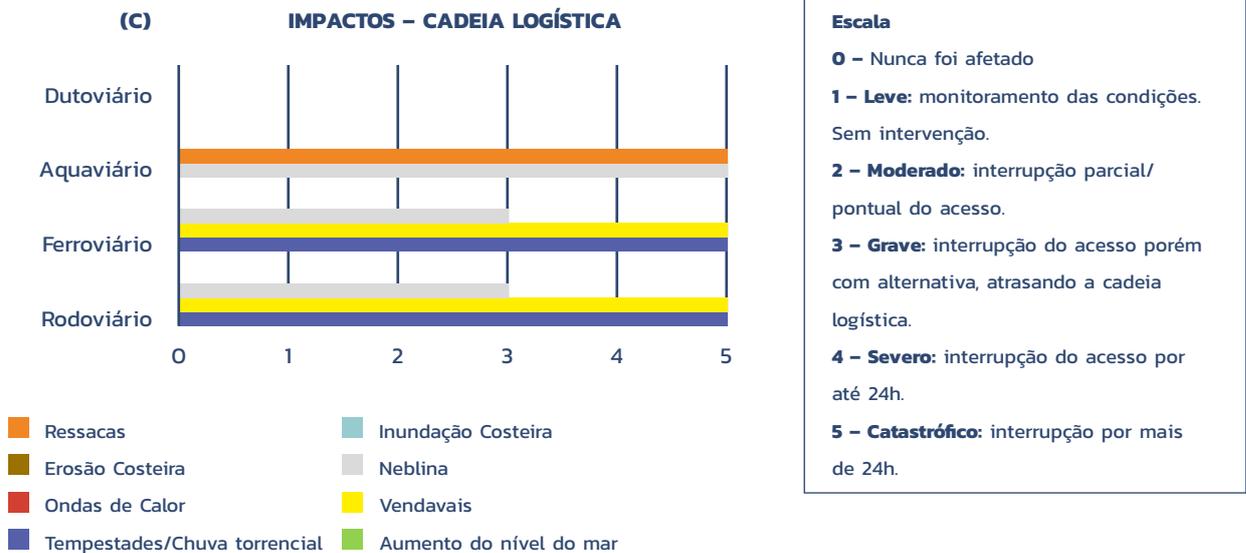
Por meio das questões referentes aos impactos, tem-se que, além das tempestades/chuvas torrenciais, vendavais e ressacas, a neblina também é uma ameaça climática com potencial de impacto para o Porto de Paranaguá, além das ondas de calor com menor relevância.

IMPACTOS

A Figura 43 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Paranaguá respondeu sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 43: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Paranaguá: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

- I. Ressacas:** O canal de acesso, o berço e equipamentos de movimentação de cargas já sofreram impactos de grau 3 devido a ressacas, o que representa um impacto grave, havendo a necessidade de reparo/manutenção por pessoal externo.
- II. Neblinas:** Para o canal de acesso as neblinas já causaram um impacto de grau 5, classificado como catastrófico. Para os equipamentos de movimentação de cargas o impacto foi de grau 3, impacto grave, havendo a necessidade de reparo/manutenção por pessoal externo. Por último, para o berço, o impacto causado foi de grau 1, impacto leve, ocorrendo apenas o reparo/manutenção por parte do pessoal do porto.
- III. Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades já impactaram os equipamentos de movimentação de cargas, pátio e berço em um grau catastrófico (Grau 5), ocorrendo a perda total da infraestrutura. Para o canal de acesso, o impacto foi grave (Grau 3), havendo a necessidade de reparo/manutenção por pessoal externo.
- IV. Vendavais:** O canal de acesso, equipamentos de movimentação de cargas, pátio e berço já sofreram impactos de grau 3 devido aos vendavais, o que representa um impacto grave, havendo a necessidade de reparo/manutenção por pessoal externo.

Operação

- I. Ressacas:** As operações do canal de acesso e berço já foram afetadas pelas ressacas com um impacto de grau 4, classificado como severo, acontecendo a interrupção

de acesso por até 24 horas. Para entrada/saída de navios o impacto foi classificado como grave (Grau 3), acontecendo interrupção de 2 ou mais atividades.

- II. Neblina:** As operações do canal de acesso já sofreram um impacto catastrófico (Grau 5), acontecendo parada total das atividades por mais de 10 dias. Para a operação dos armazéns o impacto foi classificado como grave (Grau 3), acontecendo interrupção de 2 ou mais atividades. Por último, a operação do berço e entrada/saída dos navios foram impactadas em um impacto classificado como catastrófico (Grau 5), acontecendo parada total das atividades por mais de 10 dias.
- III. Tempestades/chuvas torrenciais:** As operações do canal de acesso, armazéns, pátio, entrada/saída de navios e berço já foram afetados igualmente pelas tempestades com um impacto de grau 5, classificado como catastrófico, acontecendo parada total das atividades por mais de 10 dias.
- IV. Vendavais:** As operações do canal de acesso e berço já foram afetadas pelos vendavais com um impacto catastrófico (Grau 5), acontecendo parada total das atividades por mais de 10 dias. Para a operação dos armazéns, pátio e entrada/saída de navios o impacto foi classificado como severo (Grau 4), ocorrendo a parada total das atividades por curto período.

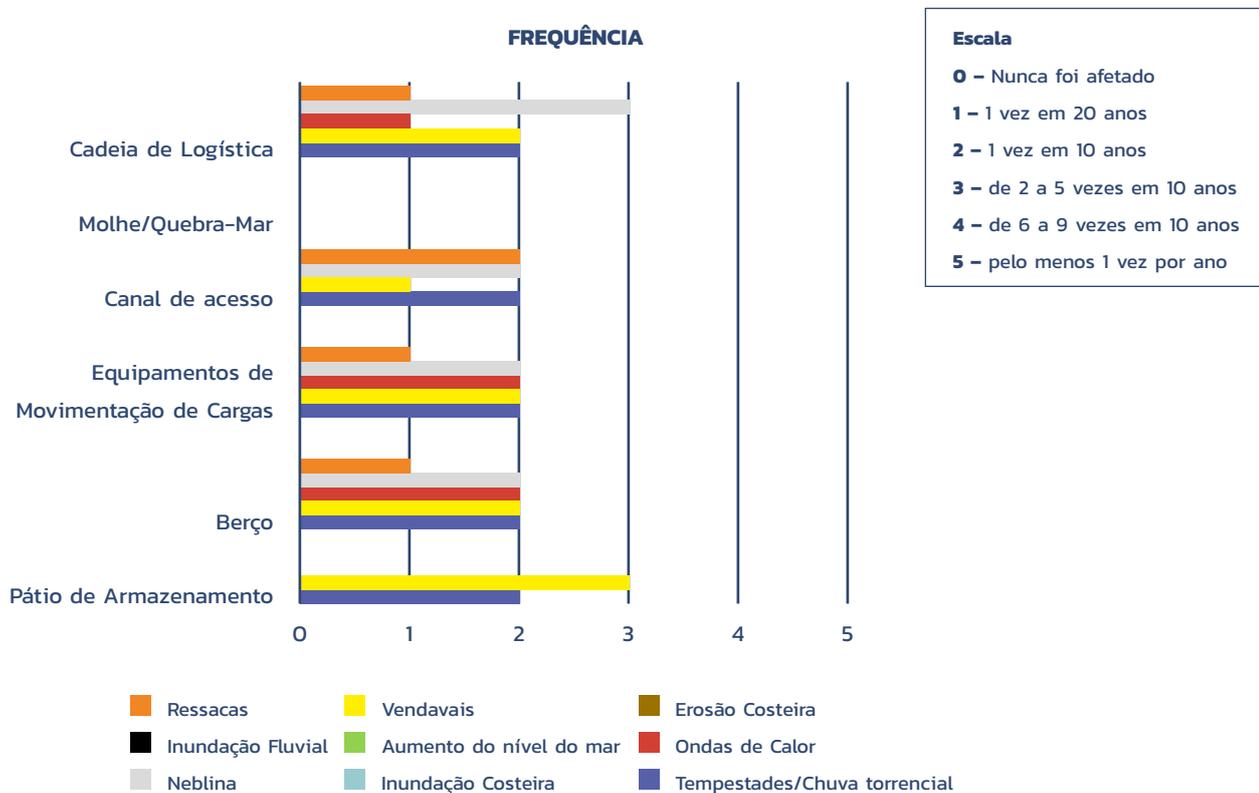
Cadeia Logística

- I. Ressacas:** As ressacas geraram impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como catastrófico (Grau 5), ocorrendo a interrupção por mais de 24 horas.
- II. Neblina:** As neblinas geraram impacto no acesso aquaviário classificado como catastrófico (Grau 5), ocorrendo a interrupção por mais de 24 horas. No acesso ferroviário e rodoviário o impacto foi classificado como grave (Grau 3), ocorrendo interrupção do acesso, porém com alternativa, atrasando a cadeia logística.
- III. Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades geraram impacto no acesso ferroviário e rodoviário classificado como catastrófico (Grau 5), ocorrendo a interrupção por mais de 24 horas.
- IV. Vendavais:** Os vendavais geraram impacto no acesso ferroviário e rodoviário classificado como catastrófico (Grau 5), ocorrendo a interrupção por mais de 24 horas.

FREQUÊNCIA

A Figura 44 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Paranaguá, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 44: Resultados da questão 8 do Porto de Paranaguá: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas ressacas, neblina, ondas de calor, vendavais e tempestades/chuvas torrenciais possuem frequência de impacto significativa no Porto de Paranaguá, nos últimos 20 anos.

As ressacas causaram impacto em uma frequência de pelo menos 1 vez em 20 anos na cadeia logística, nos equipamentos de movimentação de cargas e no berço. Já no canal de acesso a frequência de impacto causado por ressacas foi de 1 vez em 10 anos. Os vendavais causaram impacto com uma frequência de pelo menos 1 vez em 10 anos na cadeia logística, nos equipamentos de movimentação de cargas e no berço. No pátio de armazenamento, a frequência dos vendavais que causaram impacto foi de 2 a 5 vezes em um período de 10 anos e no canal de acesso, 1 vez em 20 anos.

Já as tempestades/chuvas torrenciais causam impacto com uma frequência de 1 vez em 10 anos na cadeia logística, no canal de acesso, nos equipamentos de movimentação de cargas, no berço e no pátio de armazenamento.

As neblinas causaram impacto 2 a 5 vezes em 10 anos na cadeia logística e 1 vez em 10 anos no canal de acesso, berço e equipamentos. As ondas de calor causam impacto pelo menos 1 vez em 20 anos na cadeia logística e 1 vez em 10 anos nos equipamentos de movimentação de cargas e no berço, porém o seu grau de impacto não foi relatado pelos respondentes.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 15 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de Paranaguá:

Tabela 15: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 a 21 (limiares críticos nas operações) e 23 a 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Paranaguá.

PORTO DE PARANAGUÁ		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	1	1	90	N/A	N/A	90
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	90	N/A	N/A	50
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	90	N/A	N/A	50
	Canal de Acesso	N/A	N/A	90	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	N/A	90	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	90	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	50
	Armazéns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	50
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	90	N/A	N/A	50
	Ferroviário	N/A	N/A	100	45	N/A	50
	Aquaviário	N/A	N/A	90	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	40	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas vendavais, tempestades/chuvas torrenciais, ressacas e neblinas são as que já geraram algum impacto para o Porto de Paranaguá e além das ondas de calor mesmo em menor relevância, faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/hora), precipitação (mm/dia), temperatura mínima e máxima (°C), para o pleno funcionamento do porto. Desses limiares, o porto apresentou apenas informações relacionadas à velocidade do vento, temperatura máxima e precipitação.

Entretanto, o porto monitora apenas as seguintes informações climáticas, por meio da praticagem, como relatado na questão 35: nível do mar, ventos, ondas e visibilidade.

SÍNTESE

O Porto de Paranaguá é o segundo maior porto público do Brasil, representando aproximadamente 15% de toda a movimentação realizada nacionalmente. Movimenta todos os tipos de cargas e sua área de influência abrange as regiões sul, sudeste e centro-oeste, sobretudo no que se refere à movimentação de grãos.

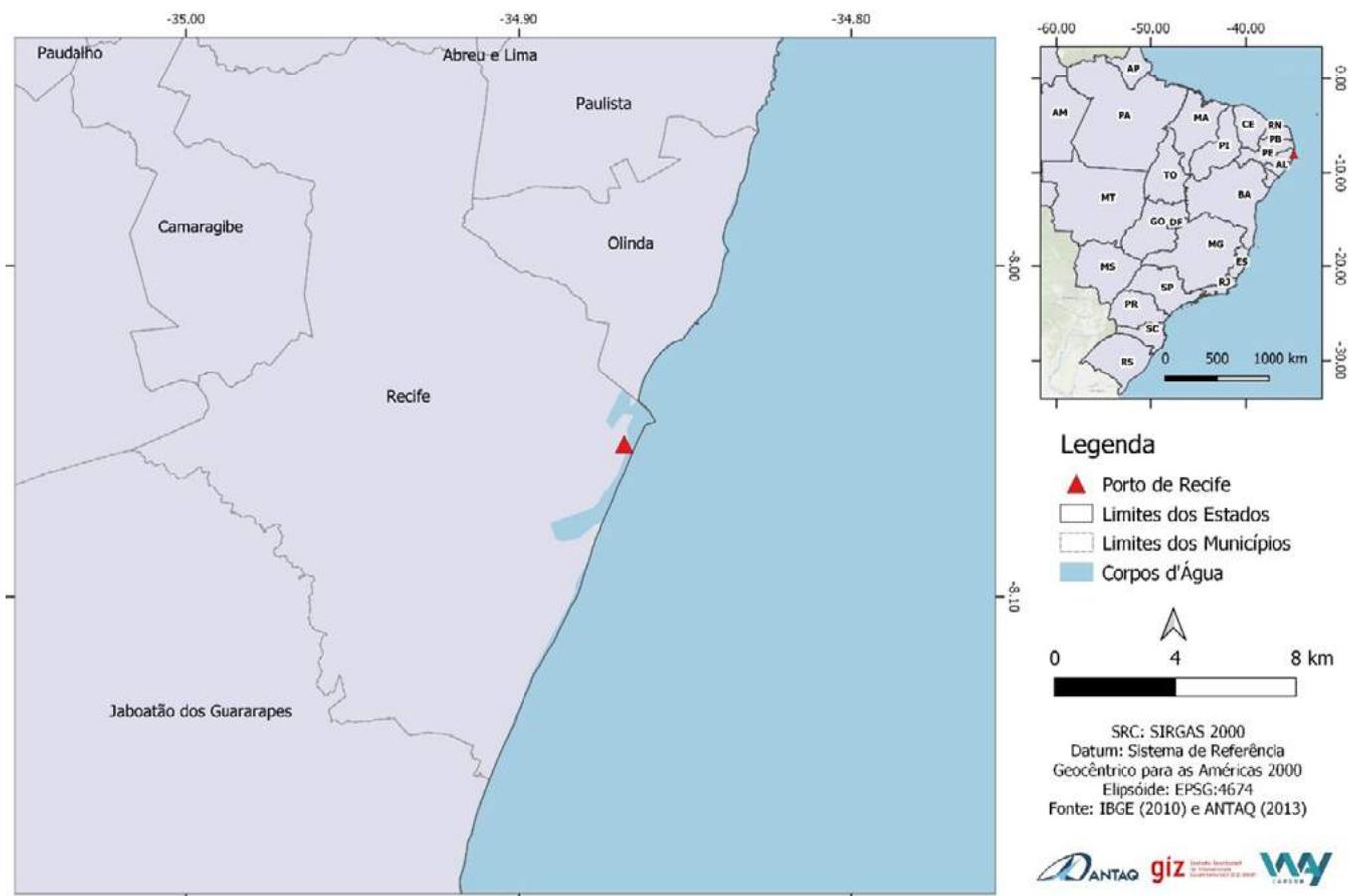
O Complexo Portuário de Paranaguá localiza-se na Baía de Paranaguá, no estado do Paraná, em uma baía natural que fornece segurança às embarcações e às instalações de atracação. As principais ameaças que afetam o Porto de Paranaguá estão relacionadas à sua localização e sua posição geográfica.

As ameaças climáticas tempestades/chuvas torrenciais e neblina já afetaram a infraestrutura portuária de forma catastrófica. Vendavais e ressacas afetaram de forma grave. Destaca-se ainda que vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e neblina já provocaram impactos catastróficos na operacionalidade, assim como nas cadeias logísticas do Porto. As ressacas, por sua vez, já provocaram impactos catastróficos no acesso aquaviário. Em relação à frequência, os vendavais e neblina ocorrem com maior frequência, de 2 a 5 vezes em um período de 10 anos, já as outras ameaças são mais esporádicas.

3.3.3.13 :: Porto do Recife

O Porto do Recife, administrado pelo governo do estado de Pernambuco, está localizado no município de Recife-PE (Figura 45). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimenta carga geral, granel líquido, gasoso e sólido, sendo registradas, em média, 1.281.354 toneladas movimentadas por ano.

Figura 45: Localização do Porto do Recife.



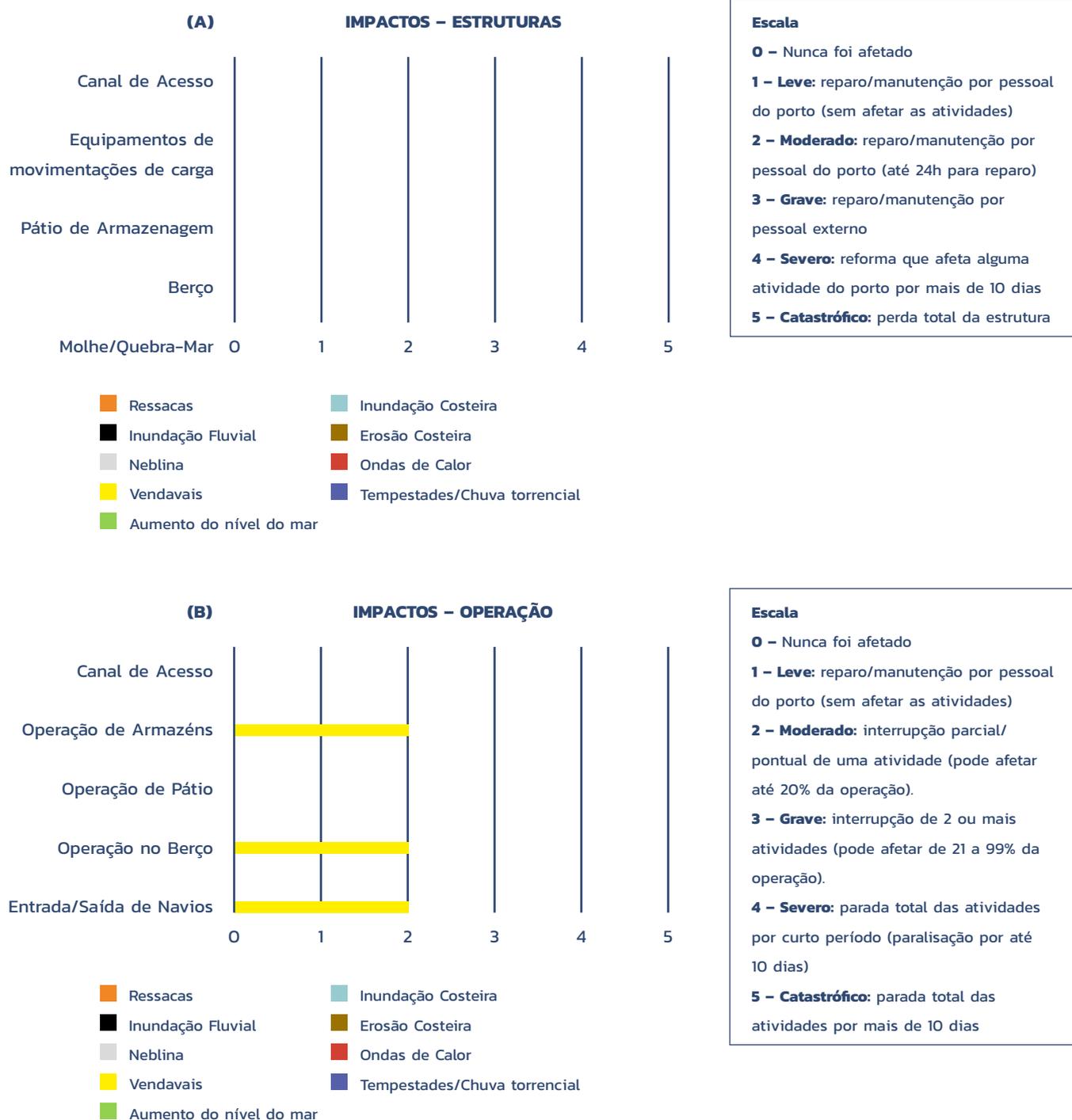
AMEAÇAS

Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Recife apontou as tempestades/chuvas torrenciais que ocorrem anualmente, sem especificar uma data, e os vendavais que também são registrados anualmente no mês de agosto, como as ameaças climáticas mais relevantes.

IMPACTOS

A Figura 46 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto do Recife relatou sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 46: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto do Recife: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estrutura

Segundo os respondentes, não houve impactos nas estruturas.

Operação:

I. **Vendavais:** As operações de armazéns, berço e entrada/saída de navios já foram afetadas pelos vendavais com um impacto moderado (Grau 2), acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade.

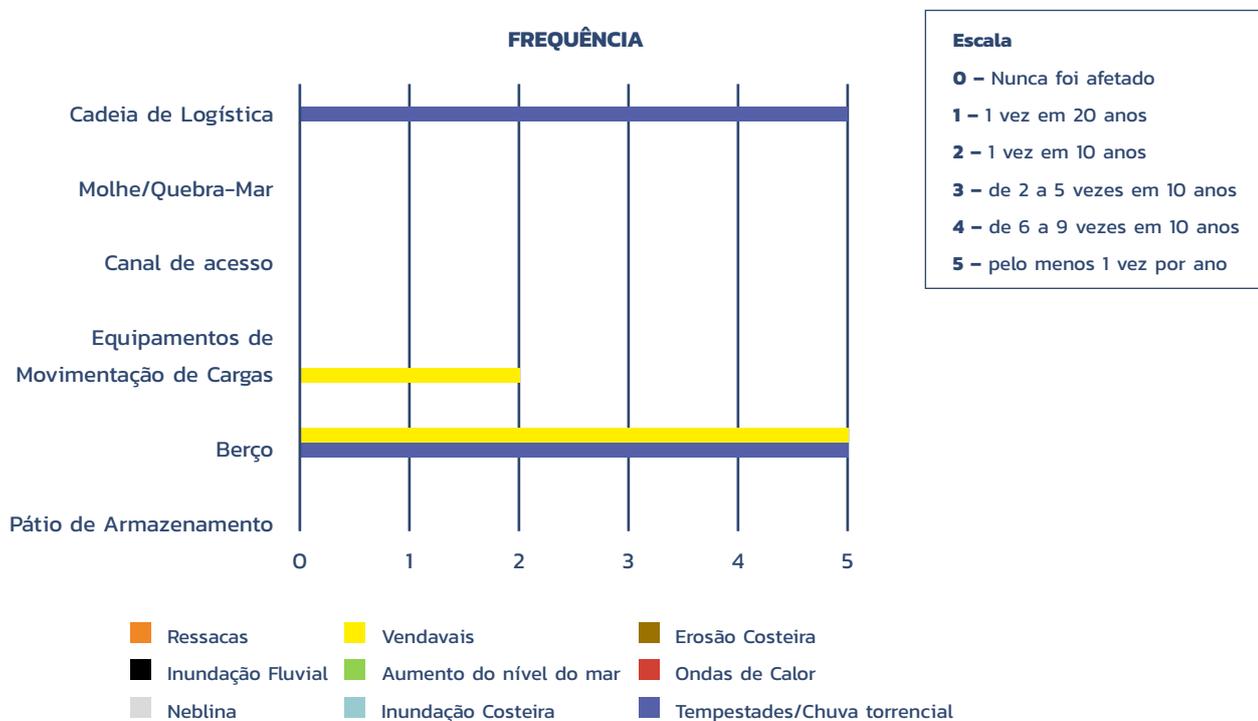
Cadeia Logística

Segundo os respondentes, não houve impactos na cadeia logística.

FREQUÊNCIA

A Figura 47 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto do Recife, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 47: Resultados da questão 8 do Porto de Recife: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou dano a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas vendavais e tempestades/chuvas torrenciais possuem frequência expressiva no Porto do Recife, nos últimos 20 anos.

Nota-se que os vendavais já causaram impacto em uma frequência de 1 vez em 10 anos nos equipamentos de movimentação de cargas, no entanto, o grau de impacto não foi apontado pelos respondentes. Já no berço, a frequência dos vendavais que causaram impacto foi de pelo menos uma vez por ano. Tempestades/chuvas torrenciais causaram impacto com uma frequência de pelo menos uma vez por ano no berço e na cadeia logística. Porém, não foi apontado o grau de impacto pelos respondentes no que se refere à ocorrência de tempestades/chuvas torrenciais.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 16, abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de Recife:

Tabela 16: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 a 21 (limiares críticos nas operações) e 23 a 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Recife

PORTO DE RECIFE		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	1	N/A	46	N/A	N/A	N/A
	Berço	0,5	N/A	46	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	1	N/A	46	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	0,5	N/A	46	N/A	N/A	150
	Canal de Acesso	1	N/A	46	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	1	N/A	N/A	N/A	N/A	150
	Berço	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Pátio	1	N/A	46	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	1	N/A	N/A	N/A	N/A	150
	Ferroviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	1	N/A	46	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que a ameaça climática vendavais é a que já gerou algum impacto para o Porto de Recife (questão 17), e que tal ameaça, possui uma frequência relevante (questão 8), juntamente com as tempestades, faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/hora) e precipitação (mm/dia) para o pleno funcionamento do porto. Entretanto, observa-se que o Porto não realiza monitoramento de informações climáticas, como indicado na questão 35, o que dificulta a definição dos limiares críticos. Ainda assim, o porto apresentou informações sobre os limiares relacionados à velocidade do vento, aumento do nível do mar e precipitação.

SÍNTESE

O Porto do Recife está localizado no centro histórico da cidade, na área do antigo ancoradouro do Recife. É protegido por um extenso quebra-mar, conhecido como “molhe do inglês”. Possui restrição de calado no canal de acesso em 8,8 metros o que impede a atracação de navios de grande porte, que passaram a utilizar, com o passar do tempo, o Complexo Portuário de Suape.

O porto movimenta atualmente carga geral e granel sólido, sendo uma alternativa para embarcações com cargas que não demandam calados mais profundos, tais como malte, cevada e carga geral.

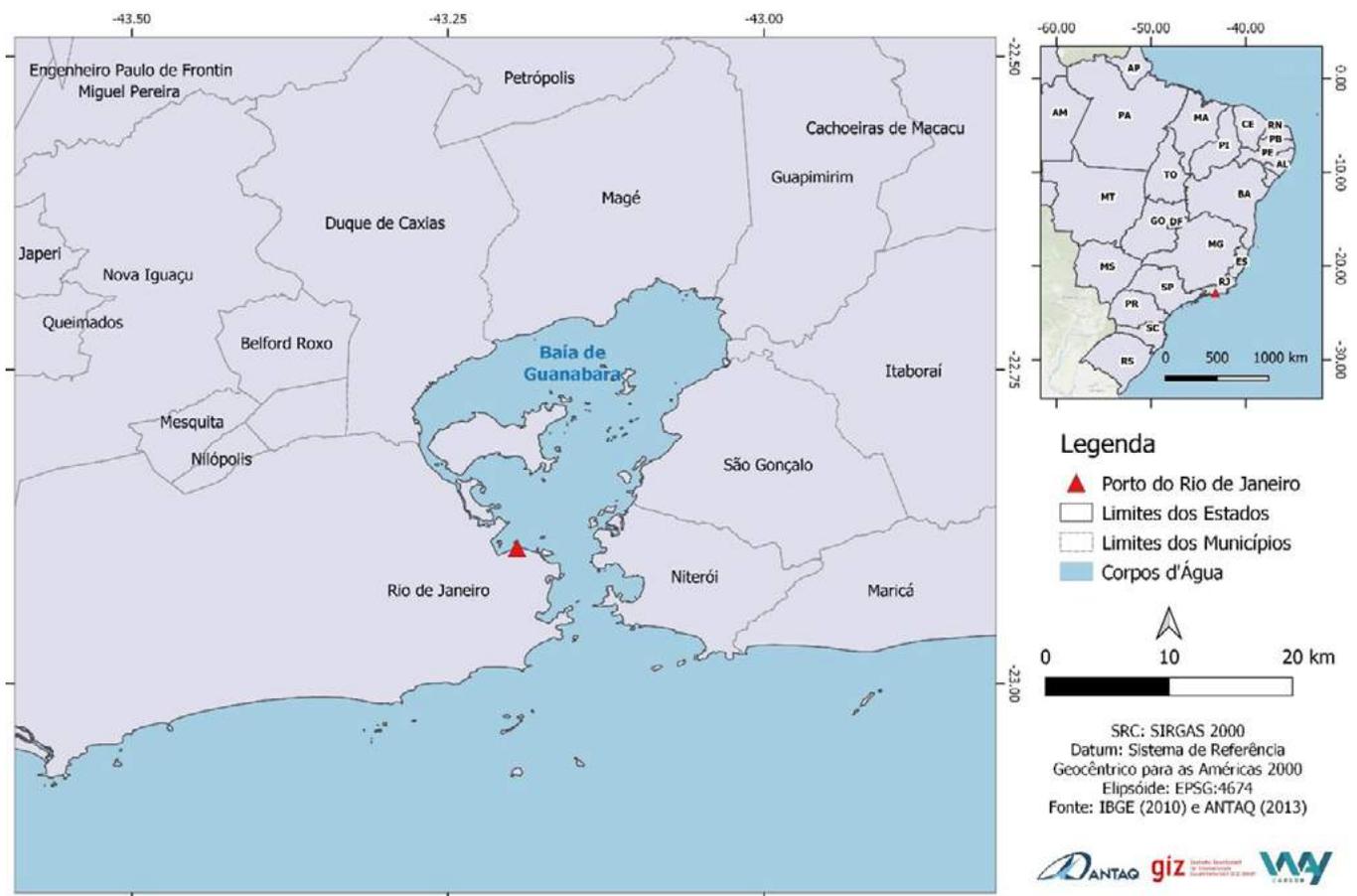
O Porto do Recife se situa em área abrigada naturalmente pelos arrecifes que foi complementada por uma grande estrutura de quebra-mar com vistas à proteção dos berços em relação ao impacto das correntes e ressacas.

De maneira geral, o Porto é pouco impactado por ameaças, sendo que vendavais e tempestades/chuvas torrenciais foram as ameaças climáticas que já geraram algum impacto na operação do Porto do Recife. Verifica-se que essas ameaças possuem baixo impacto e alta frequência anual.

3.3.3.14 :: Porto do Rio de Janeiro

O Porto de Rio de Janeiro, administrado pela Companhia Docas Do Rio de Janeiro - CDRJ, está localizado no município do Rio de Janeiro - RJ, na Baía de Guanabara (Figura 48). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimentou carga containerizada, geral, granel líquido, gasoso e sólido, sendo registradas, em média, 6.996.712 toneladas movimentadas por ano.

Figura 48: Localização do Porto do Rio de Janeiro.



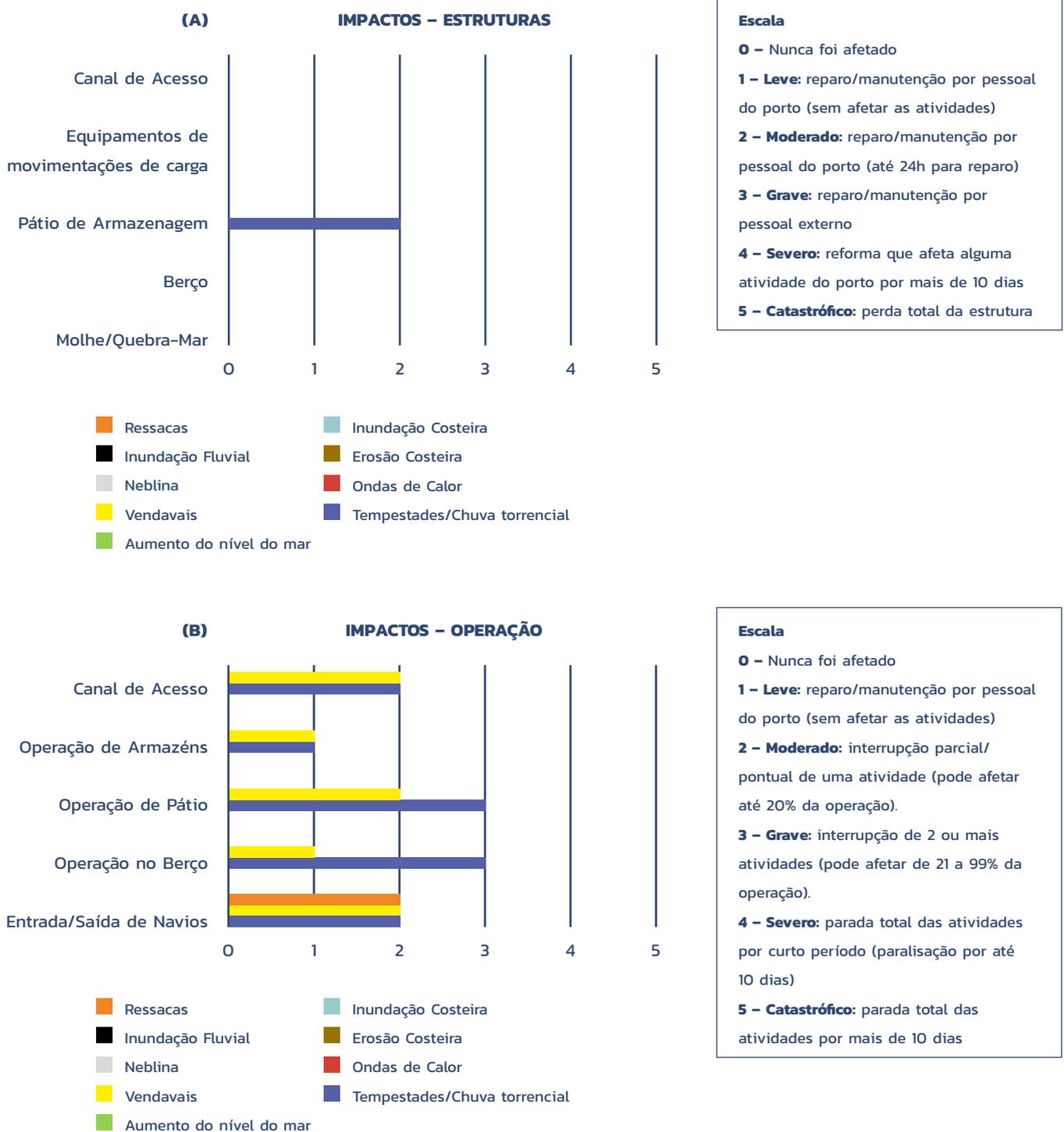
AMEAÇAS

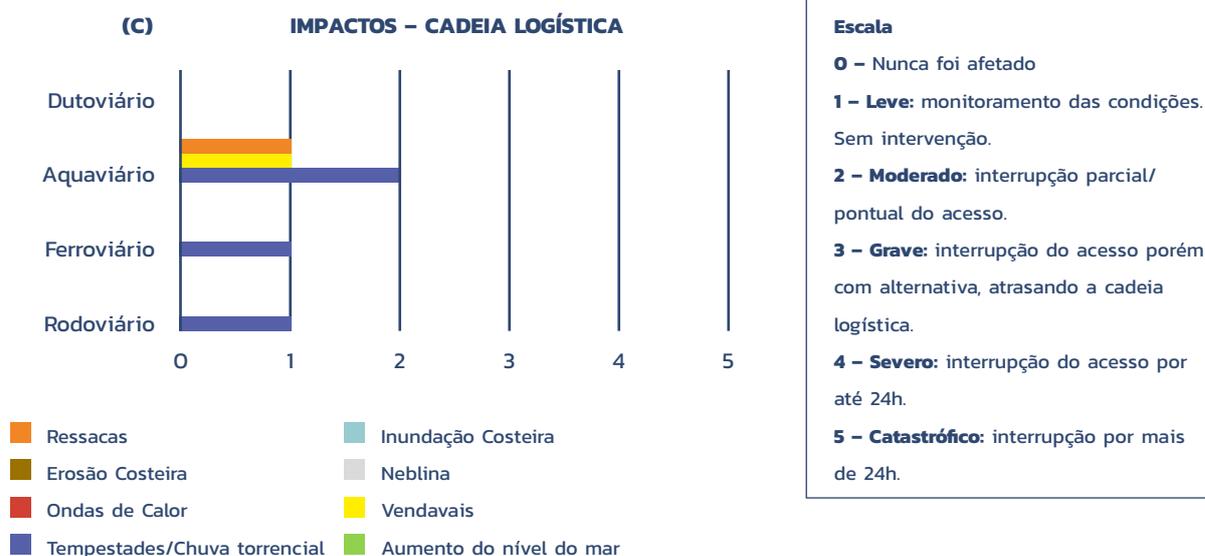
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto do Rio de Janeiro apontou as tempestades/chuvas torrenciais ocorridas em fevereiro e novembro de 2019, como o maior evento extremo observado. Porém, além das tempestades/chuvas torrenciais, as ressacas, a neblina e os vendavais são ameaças climáticas relevantes para o Porto do Rio de Janeiro, como apontado na análise de impacto e frequência.

IMPACTOS

A Figura 49 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto do Rio de Janeiro relatou sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 49: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto do Rio de Janeiro: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

- I. Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades já impactaram o pátio de armazenagem em um grau moderado (Grau 2), ocorrendo reparo/manutenção por pessoal do porto.

Operação

- I. Ressacas:** A operação de entrada/saída de navios já foi afetada pelas ressacas com um impacto de grau 2, classificado como moderado, acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade.
- II. Tempestades/chuvas torrenciais:** As operações do canal de acesso e entrada/saída de navios já foram afetadas igualmente pelas tempestades com um impacto de grau 2, classificado como moderado, acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade. Para a operação dos armazéns o impacto foi classificado em um grau leve (Grau 1), ocorrendo reparo/manutenção por parte do pessoal do porto. Já para as operações de pátio e berço o impacto foi classificado como grave (Grau 3), acontecendo a interrupção de 2 ou mais atividades.
- III. Vendavais:** As operações do canal de acesso, pátio e entrada/saída de navios já foram afetadas pelos vendavais com um impacto moderado (Grau 2), acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade. Para as operações dos armazéns e de berço, o impacto foi classificado como leve (Grau 1), ocorrendo reparo/manutenção por parte do pessoal do porto.

Cadeia Logística

- I. Ressacas:** As ressacas geraram impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como leve (Grau 1), ocorrendo o monitoramento das condições, sem intervenção.

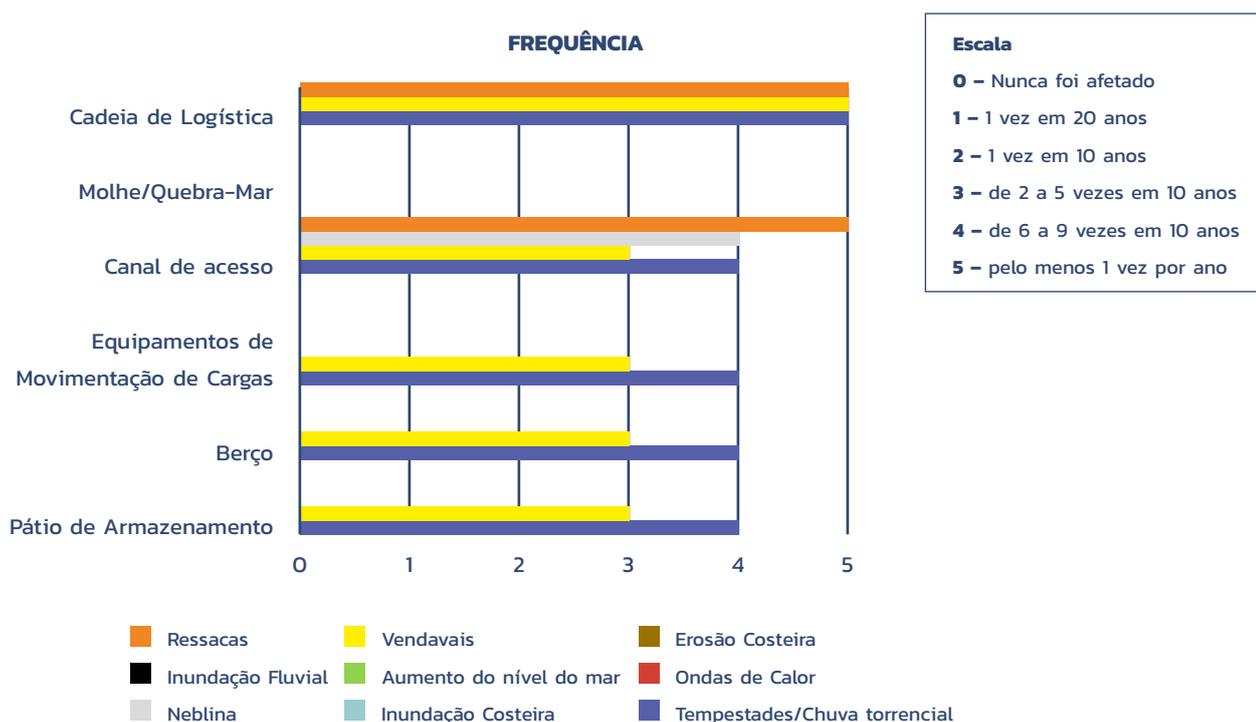
II. Tempestades/chuvas torrenciais: As tempestades geraram impacto no acesso aquaviário classificado como moderado (Grau 2), ocorrendo a interrupção parcial/pontual do acesso, e para o ferroviário e rodoviário geraram impacto classificado como leve (Grau 1), havendo a necessidade de monitoramento das condições, sem intervenção.

III. Vendavais: Os vendavais geraram impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como leve (Grau 1), ocorrendo o monitoramento das condições, sem intervenção.

FREQUÊNCIA

A Figura 50 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto do Rio de Janeiro, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 50: Resultados da questão 8 do Porto do Rio de Janeiro: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou dano a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas ressacas, neblinas, vendavais e tempestades/chuvas torrenciais possuem frequência significativa de impacto no Porto do Rio de Janeiro, nos últimos 10 anos.

As ressacas já causaram impacto com uma frequência de pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística e no canal de acesso. No caso do canal de acesso, o grau de impacto não foi informado pelos respondentes. Da mesma forma, as neblinas também já causaram algum tipo de impacto com uma frequência de 6 a 9 vezes em 10 anos no canal de acesso, porém, o grau de impacto não foi relatado.

Os vendavais causaram impacto pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística, nos últimos 20 anos. No canal de acesso, no berço, no pátio de armazenamento e nos equipamentos de movimentação de cargas a frequência de impacto relacionado aos vendavais foi de 2 a 5 vezes em 10 anos. No entanto, o grau de impacto nos equipamentos de movimentação de carga (Figura 49) não foi informado pelos respondentes.

As tempestades/chuvas torrenciais causaram impacto com uma frequência de pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística. No canal de acesso, no berço e no pátio de armazenamento, a frequência de impacto causado por tempestades / chuvas torrenciais foi de 6 a 9 vezes em 10 anos. Os equipamentos de movimentação de cargas também já foram impactados com a mesma frequência, segundo os respondentes. Porém, o grau de impacto não foi informado (Figura 49).

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 17 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto do Rio de Janeiro:

Tabela 17: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto do Rio de Janeiro

PORTO DO RIO DE JANEIRO		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	2	50	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Ferroviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	N/A	2	50	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas vendavais, tempestades/chuvas torrenciais, ressacas são as que já geraram algum impacto para o Porto do Rio de Janeiro, juntamente com as neblinas, faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/hora), precipitação (mm/

dia) e temperatura mínima (°C) para o pleno funcionamento do porto. Entretanto, o porto não realiza o monitoramento de informações climáticas, como apontado na questão 35. Ainda assim, apresentou informações sobre os limiares relacionados à velocidade do vento e do nível de água em tempestades.

SÍNTESE

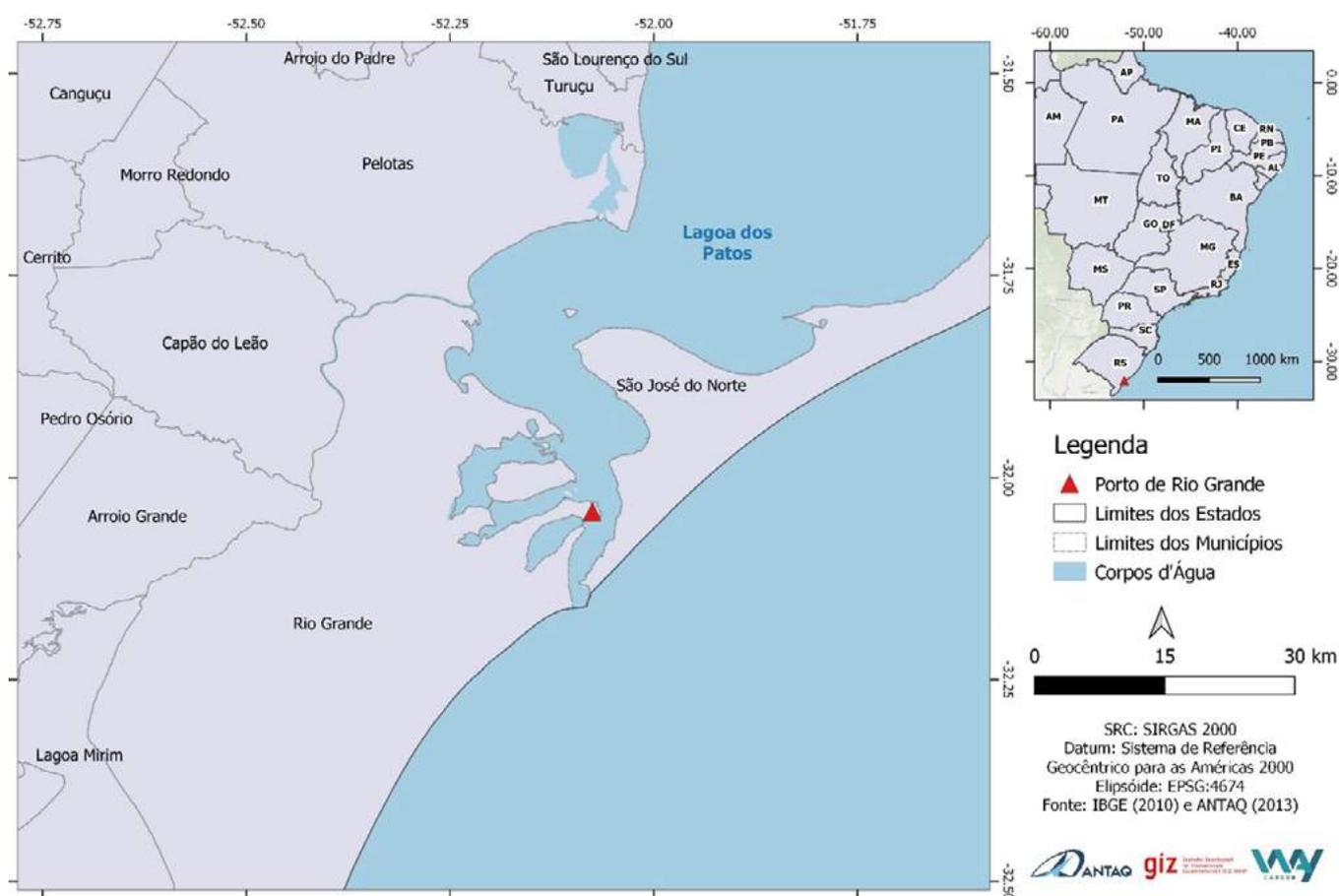
O Porto do Rio de Janeiro situa-se no centro da cidade, possui importante relevância econômica para o Estado, com movimentação de carga geral, contêineres e granel sólido.

Situa-se na Baía de Guanabara, o que lhe confere abrigo natural e protege suas instalações em relação ao impacto das correntes e ressacas. Em relação às ameaças, destaca-se que as tempestades/chuvas afetam o pátio, a operação no pátio e berço de forma grave e afetam os acessos terrestres e aquaviário e a entrada e saída de navios na baía em grau moderado. Enquanto os vendavais afetam praticamente toda a operação do porto e as ressacas afetam apenas o acesso aquaviário. No que se refere à frequência dos eventos, as tempestades/chuvas torrenciais, ressacas, e vendavais afetam a operacionalidade do porto pelo menos uma vez por ano.

3.3.3.15 :: Porto de Rio Grande

O Porto de Rio Grande, administrado pela Superintendência dos Portos do Rio Grande do Sul, está localizado no município do Rio de Grande – RS, entre a laguna Lagoa dos Patos e o Oceano Atlântico (Figura 51). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimenta carga containerizada e geral, e granel líquido, gasoso e sólido, sendo registradas, em média, 19.284.570 toneladas movimentadas por ano.

Figura 51: Localização do Porto de Rio Grande.



AMEAÇAS

Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Rio Grande apontou que os vendavais ocorridos em 30 junho de 2020; as tempestades/chuvas torrenciais ocorridas em 1 de julho de 2020 (relacionado ao evento do ciclone bomba); e a neblina ocorrida em 21 de agosto de 2014, foram considerados os eventos de maior intensidade já registrados.

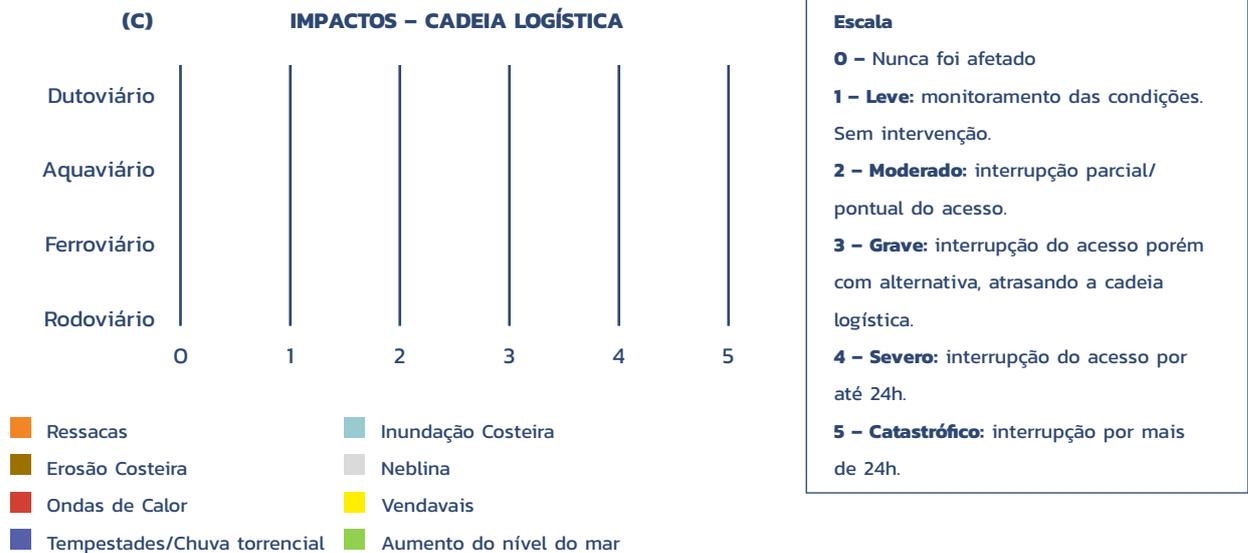
Por meio das análises de impacto e de frequência, tem-se que, além das tempestades/chuvas torrenciais, neblina e vendavais, as ressacas e inundações fluviais também são ameaças climáticas relevantes para o Porto de Rio Grande e que podem gerar impactos.

IMPACTOS

A Figura 52 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Rio Grande relatou sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 52: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Rio Grande: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

- I. Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades já impactaram o canal de acesso, equipamentos de movimentação de cargas, pátio de armazenagem, berço e molhe/quebra-mar em um grau severo (Grau 4), havendo a necessidade de reforma que afetou alguma atividade do porto por mais de 10 dias.
- II. Vendavais:** Os vendavais já impactaram o canal de acesso, equipamentos de movimentação de cargas, pátio de armazenagem, berço e molhe/quebra-mar em um grau severo (Grau 4), havendo a necessidade de reforma que afetou alguma atividade do porto por mais de 10 dias.

Operação

- I. Ressacas:** A operação de canal de acesso e entrada/saída de navios já foram afetadas pelas ressacas com um impacto de grau 2, classificado como moderado, acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade.
- II. Tempestades/chuvas torrenciais:** As operações do canal de acesso, armazéns, pátio, berço e entrada/saída de navios já foram afetadas igualmente pelas tempestades com um impacto de grau 4, classificado como severo, acontecendo parada total das atividades por um curto período.
- III. Vendavais:** As operações no canal de acesso, armazéns, pátio, berço e entrada/saída de navios já foram afetadas igualmente pelos vendavais com um impacto de grau 4, classificado como severo, acontecendo parada total das atividades por um curto período.
- IV. Neblinas:** As operações do canal de acesso, armazéns, berço e entrada/saída de navios já foram afetadas igualmente pelas neblinas com um impacto de grau 4, classificado como severo, acontecendo parada total das atividades por um curto período.

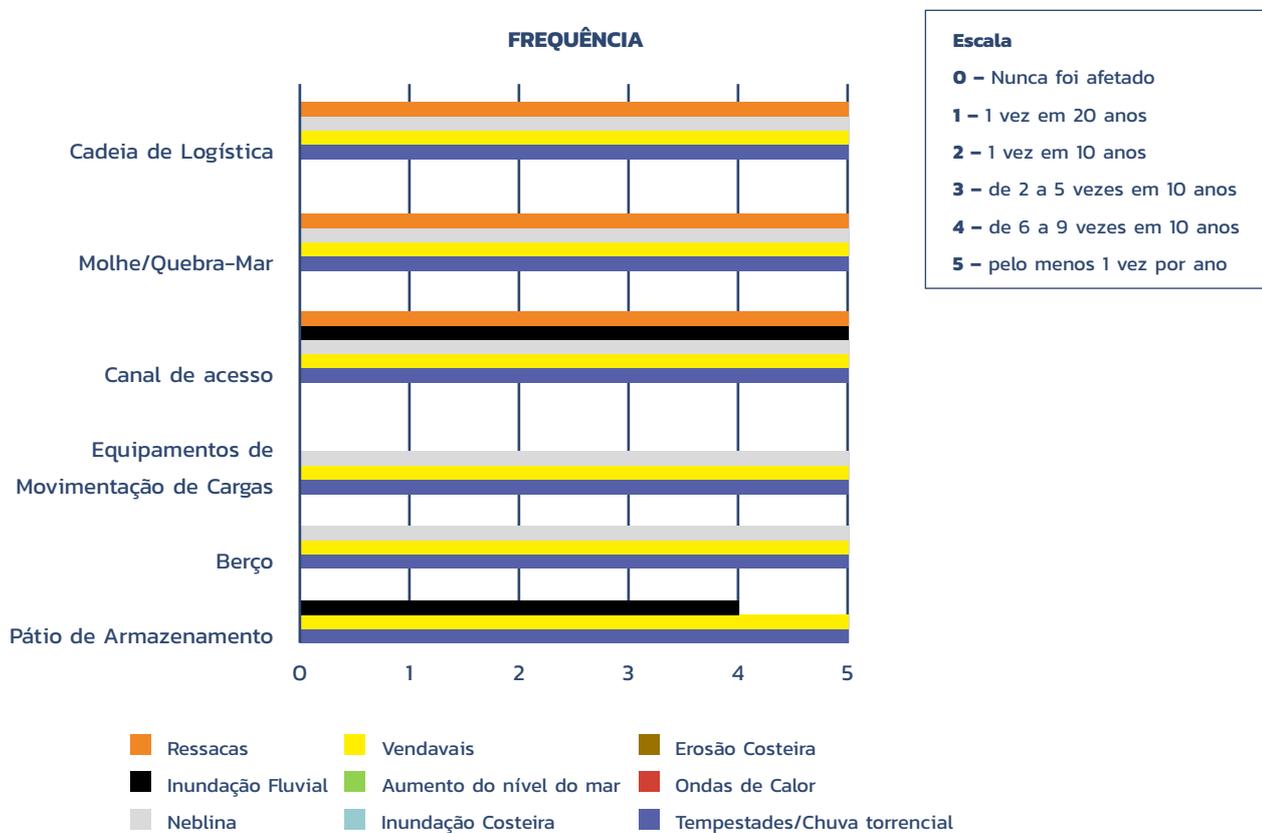
Ressalta-se que o Porto de Rio Grande não possui nenhum equipamento de movimentação de cargas. No entanto, segundo os respondentes, o porto utiliza guindaste de bordo ou guindaste terceirizado, sendo indiretamente afetado quando algum impacto ocorre nesses equipamentos.

Assim, a questão 11, sobre os impactos na estrutura, e a questão 8, sobre frequência, foram respondidas considerando essa ressalva.

FREQUÊNCIA

A Figura 53 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Rio Grande, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 53: Resultados da questão 8 do Porto de Rio Grande: frequência das ameaças climáticas com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas ressacas, neblinas, vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e inundação fluvial possuem frequência de impacto, praticamente, 1 vez por ano no Porto de Rio Grande, nos últimos 20 anos.

As ressacas causaram impacto em uma frequência de pelo menos uma vez por ano na cadeia logística, no molhe/quebra-mar e no canal de acesso. Somente para cadeia logística, não foi informado pelos respondentes o grau de impacto.

As neblinas também causaram impacto pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística, no molhe/quebra-mar, no canal de acesso, nos equipamentos de movimentação de cargas e no berço. Nes-

se caso, além da cadeia logística, o grau de impacto para o molhe/ quebra mar, equipamentos de movimentação e carga e berço, também não foram fornecidos pelos participantes.

Os vendavais causaram impacto pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística, no molhe/quebra-mar, no canal de acesso, nos equipamentos de movimentação de cargas, no berço e no pátio. Apenas para cadeia logística, o grau de impacto não foi informado.

As tempestades/chuvas torrenciais causam impacto com frequência de pelo menos uma vez por ano na cadeia logística, no molhe/quebra-mar, no canal de acesso, nos equipamentos de movimentação de cargas, no berço e no pátio. Da mesma forma, o grau de impacto para cadeia logística também não foi informado pelos respondentes.

Ainda que não tenha sido informado o grau de impacto das inundações fluviais, as mesmas aconteceram em uma frequência de pelo menos 1 vez por ano impactando o canal de acesso e de 6 a 9 vezes em 10 anos, impactando o pátio.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 18 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de Rio Grande:

Tabela 18: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Rio Grande

PORTO DE RIO GRANDE		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Ferroviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	N/A	N/A	60	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas de ressacas, neblinas, vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e inundação fluvial são as que já geraram algum impacto para o Porto de Rio Grande, faz-se importante conhecer os limiares críticos como velocidade do vento (km/hora), precipitação (mm/dia), temperatura mínima (°C) e nível de água em tempestades para todo o funcionamento do porto. Entretanto, o Porto, segundo as respostas da questão 35, monitora apenas as seguintes informações climáticas em tempo real: ondas, ventos, temperatura e velocidade de corrente, por meio de boias oceanográficas, e apresentou informações sobre os limiares relacionados à velocidade do vento para quase todas as instalações, representando uma preocupação importante para operacionalidade do Porto de Rio Grande.

SÍNTESE

O Porto de Rio Grande é o principal porto público do estado do Rio Grande do Sul. Está localizado no extremo sul do Estado, movimentando todos os tipos de cargas e sua área de influência abrange os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Trata-se de um complexo portuário formado por quatro áreas: Porto Velho, Porto Novo, Superporto e a área de expansão de São José do Norte.

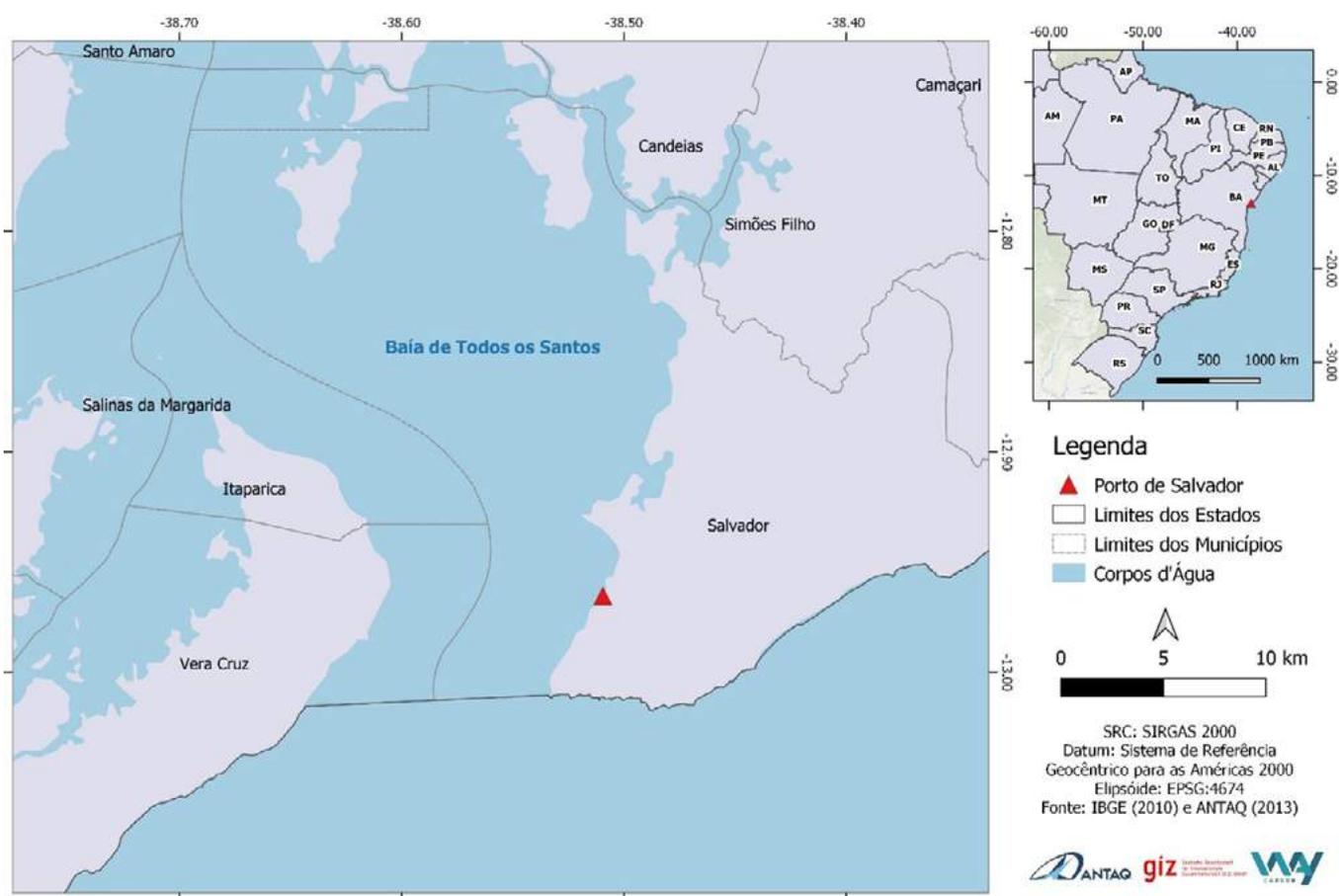
Situa-se no escoadouro natural da bacia hidrográfica da Lagoa dos Patos, em área abrigada, portanto, seus berços estão protegidos em relação às correntes e ressacas. Em função de sua posição geográfica, no extremo sul do país, as principais ameaças que impactam o Porto são vendavais e tempestades/chuvas torrenciais. Essas duas ameaças impactam de forma severa todas as infraestruturas e a operação do porto. Enquanto a neblina afeta toda operação do porto e as ressacas afetam a operação de canal de acesso e entrada/saída de navios, pontualmente, na foz da Lagoa dos Patos.

Destaca-se que as ameaças vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e neblina afetam o Porto de Rio Grande de forma severa e com maior frequência, pelo menos anual, estão relacionadas com as condições climáticas da região.

3.3.3.16 :: Porto de Salvador

O Porto de Salvador, administrado pela Companhia das Docas do Estado da Bahia - CODEBA, está localizado no município de Salvador – BA, na ponta da baía de Todos os Santos (Figura 54). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimenta carga containerizada, geral e granel sólido, sendo registradas, em média, 5.173.804 toneladas movimentadas por ano.

Figura 54: Localização do Porto de Salvador.



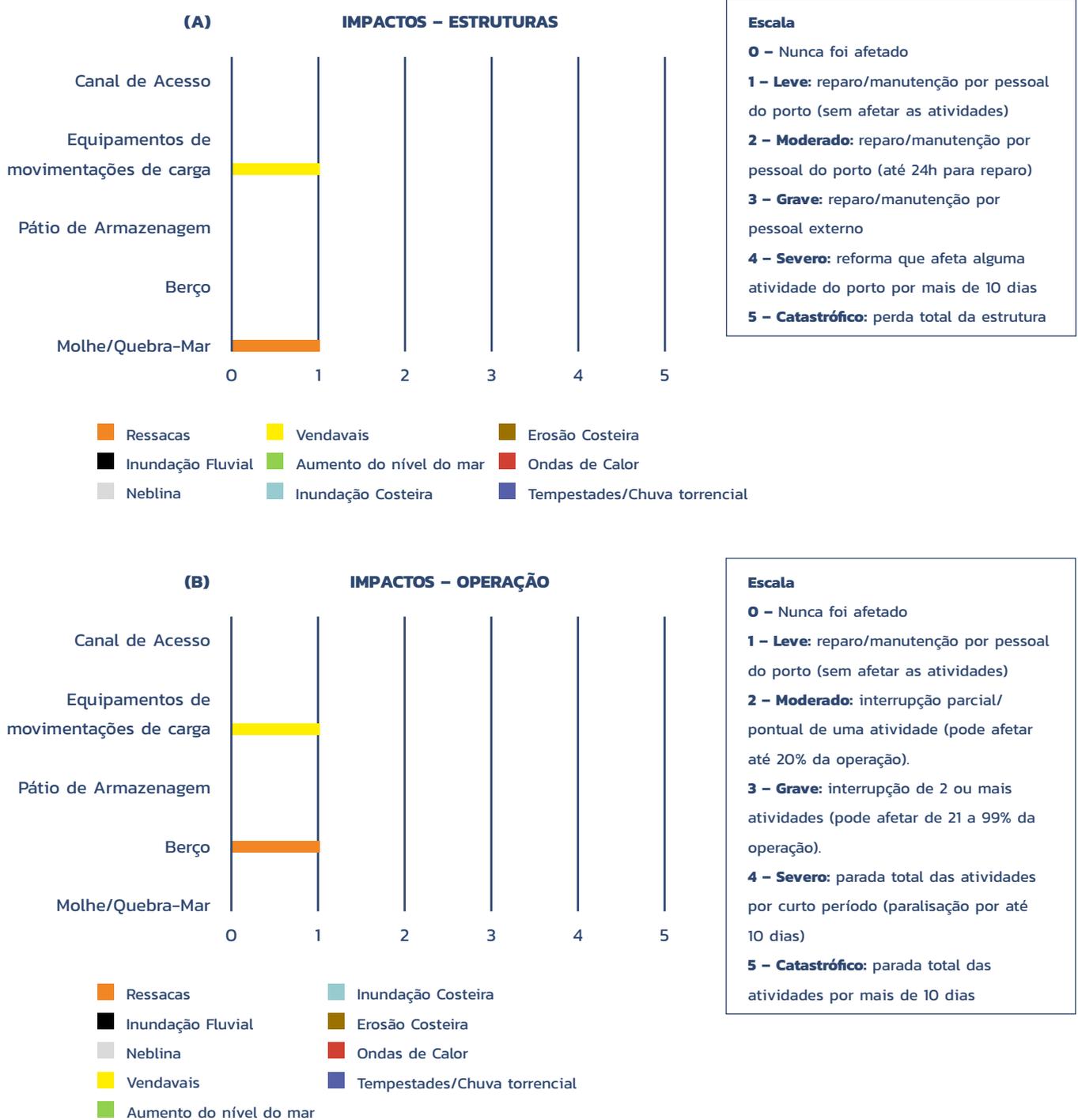
AMEAÇAS

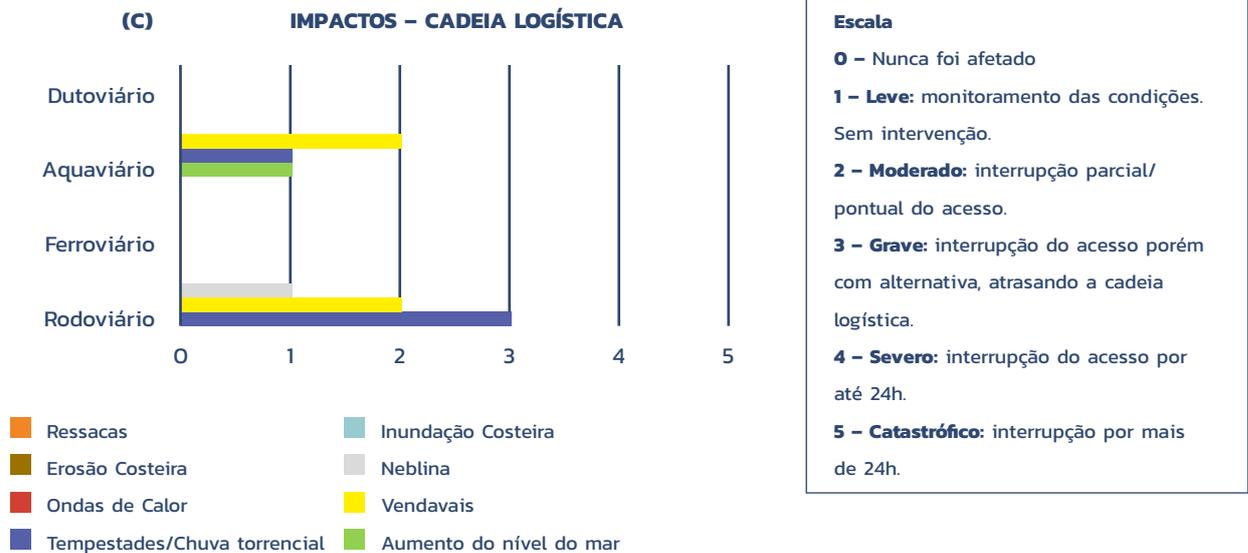
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Salvador apontou os vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e aumento do nível do mar, como eventos extremos, porém sem apresentar a data de tais eventos. Ainda, de acordo com a análise de impacto, o aumento do nível do mar, as ressacas e neblina são ameaças climáticas relevantes para o Porto de Salvador.

IMPACTOS

A Figura 55 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Salvador respondeu sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 55: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Salvador: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

- I. **Ressacas:** A estrutura do molhe/quebra-mar já foi afetada pelas ressacas com um impacto de grau 1, classificado como leve, o que significa que houve a necessidade de reparo/manutenção por parte do pessoal do porto.
- II. **Vendavais:** Os equipamentos de movimentação de cargas já foram afetados pelos vendavais com um impacto de grau 1, classificado como leve, o que significa que houve a necessidade de reparo/manutenção por parte do pessoal do porto.

Operação

- I. **Ressacas:** A operação do berço já foi afetada pelas ressacas com um impacto de grau 1, classificado como leve, o que significa que houve a necessidade de reparo/manutenção por parte do pessoal do porto.
- II. **Vendavais:** A operação dos equipamentos de movimentação de cargas já foi afetada pelas ressacas com um impacto de grau 1, classificado como leve, o que significa que houve a necessidade de reparo/manutenção por parte do pessoal do porto.

Cadeia Logística

- I. **Tempestades/Chuvas torrenciais:** As tempestades geraram impacto no acesso aquaviário e rodoviário, sendo esse impacto para o aquaviário classificado como leve (Grau 1), ocorrendo um monitoramento das condições, sem intervenção, e para o rodoviário classificado como grave, ocorrendo a interrupção do acesso, porém com alternativa, atrasando a cadeia logística.
- II. **Vendavais:** Os vendavais geraram impacto no acesso aquaviário e rodoviário sendo esse impacto classificado como moderado (Grau 2), havendo a interrupção parcial/pontual do acesso.

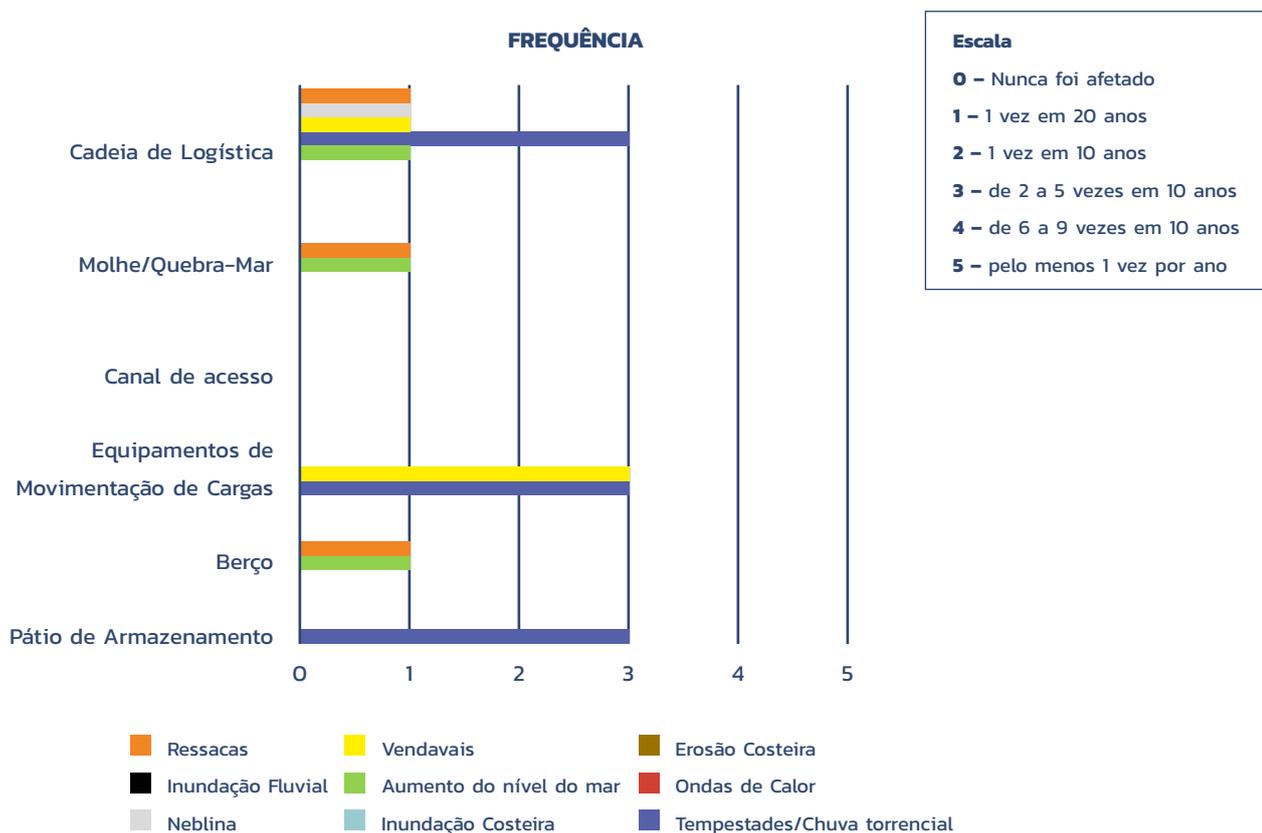
III. Aumento do nível do mar: O aumento do nível do mar gerou impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como leve (Grau 1), ocorrendo um monitoramento das condições, sem intervenção.

IV. Neblina: A neblina gerou impacto apenas no acesso rodoviário, sendo esse impacto classificado como leve (Grau 1), ocorrendo um monitoramento das condições, sem intervenção.

FREQUÊNCIA

A Figura 56 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Salvador, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 56: Resultados da questão 8 do Porto de Salvador: frequência das ameaças climáticas com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas de ressacas, neblina, vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e aumento do nível do mar possuem uma frequência de impacto no Porto de Salvador, nos últimos 20 anos.

As ressacas já causaram impacto em uma frequência de 1 vez em 20 anos na cadeia logística, no molhe/quebra-mar e no berço. Assim como a neblina e os vendavais que já causaram impacto pelo menos 1 vez em 20 anos na cadeia logística. Os vendavais também causaram impacto nos equipamentos de movimentação de cargas de 2 a 5 vezes em um período de 10 anos. Já as tem-

pestades/chuvas torrenciais causaram impacto de 2 a 5 vezes em 10 anos na cadeia logística, nos equipamentos de movimentação de cargas, e no pátio de armazenamento.

Além disso, o aumento do nível do mar já causou pelos menos 1 impacto nos últimos 20 anos na cadeia logística, no molhe/quebra-mar e no berço.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 19 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de Salvador:

Tabela 19: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 a 21 (limiares críticos nas operações) e 23 a 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Salvador

PORTO DE SALVADOR		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Ferrovário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas vendavais, tempestades/chuvas torrenciais, ressacas e aumento do nível do mar são as que já geraram algum impacto para o Porto de Salvador (questões 11, 17 e 22), e que tais ameaças, juntamente com as neblinas, possuem uma frequência relevante (questão 8), faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/h), precipitação (mm/dia), aumento do nível do mar e temperatura mínima (°C) para o pleno funcionamento do porto. Entretanto, o porto não realiza monitoramento de informações climáticas, conforme relatado na questão 35. Ainda assim, apresentou informações sobre os limiares relacionados à velocidade do vento.

SÍNTESE

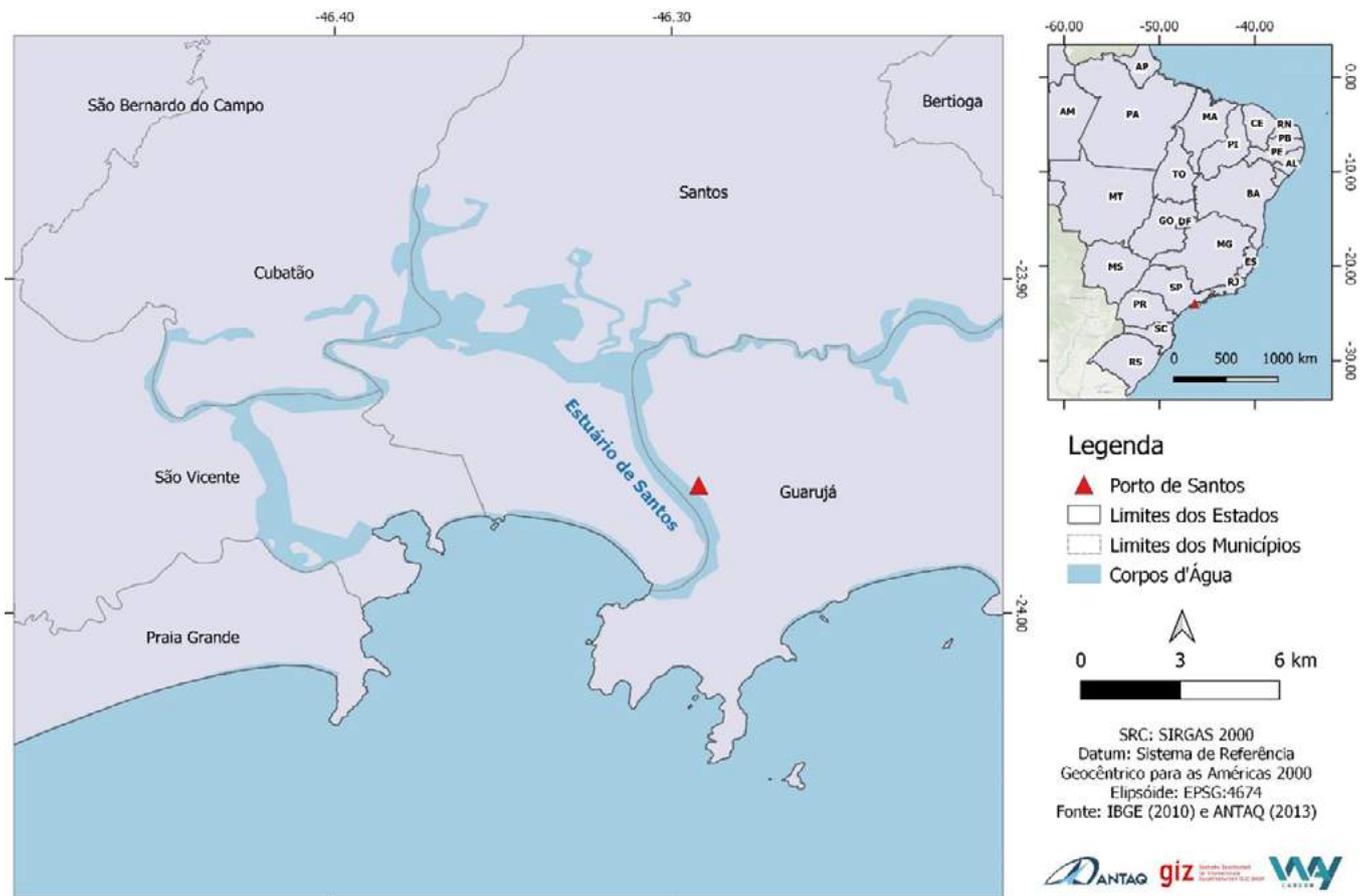
O Porto de Salvador possui importante relevância econômica para o Estado, com movimentação de carga geral, contêineres e granel sólido. Situa-se no centro histórico da cidade, na entrada da Baía de Todos os Santos, o que não lhe confere abrigo natural, tendo sido construídos dois quebra-mares para proteção dos berços em relação ao impacto das correntes e ressacas.

Em relação às ameaças, ressacas e vendavais afetaram de forma leve a infraestrutura e a operação do porto, enquanto afetaram de forma mais intensa a cadeia logística. Destaca-se a indicação do aumento do nível do mar como uma ameaça na cadeia logística, no quebra-mar e no berço, embora seja com baixa frequência, uma vez a cada vinte anos.

3.3.3.17 :: Porto de Santos

O Porto de Santos, administrado pela Autoridade Portuária de Santos, está localizado no município de Santos – SP, no estuário de Santos (Figura 57). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimenta carga containerizada, carga geral, granel líquido, gasoso e sólido, sendo registradas, em média, 109.211.872 toneladas movimentadas por ano.

Figura 57: Localização do Porto de Santos.



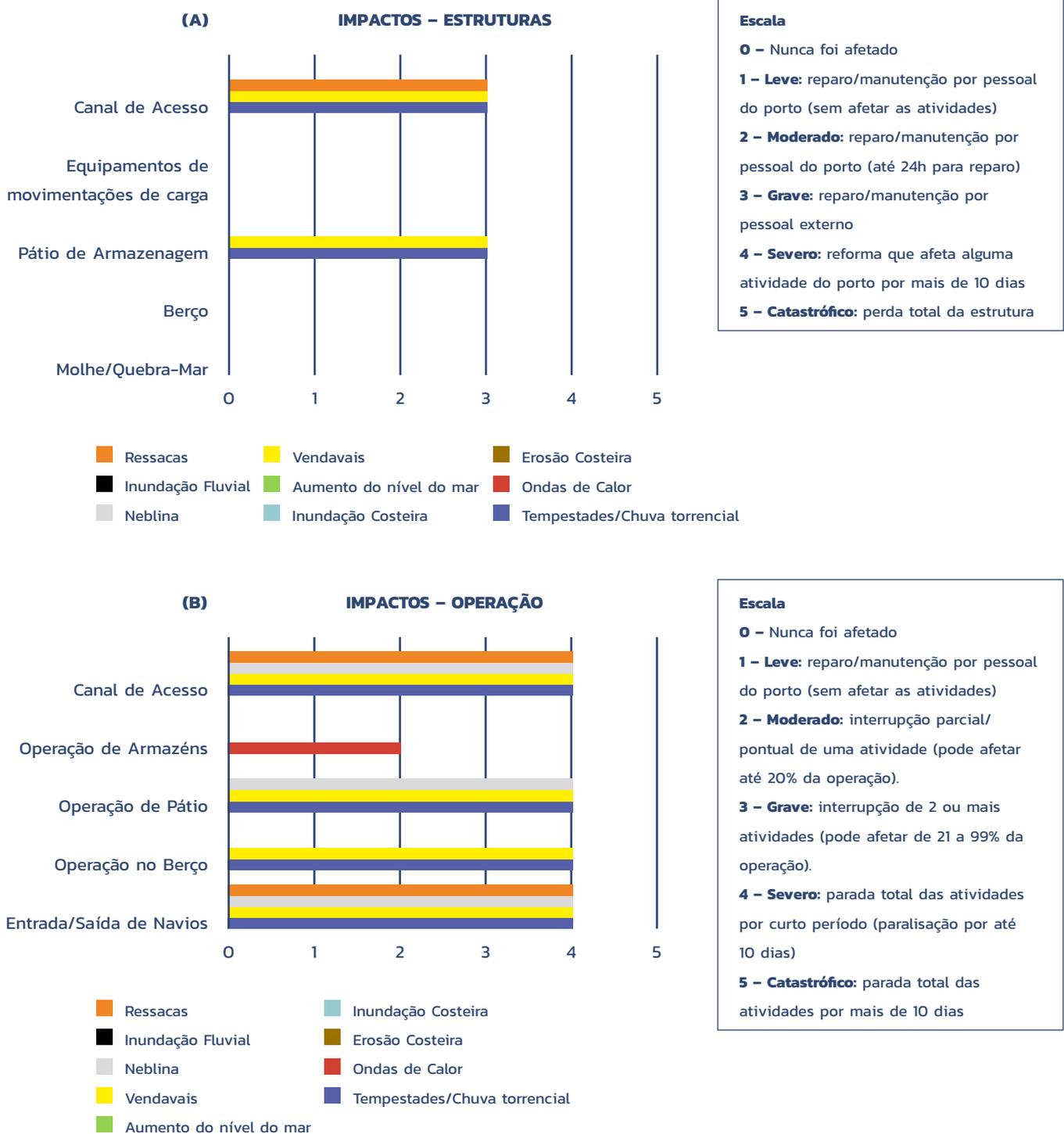
AMEAÇAS

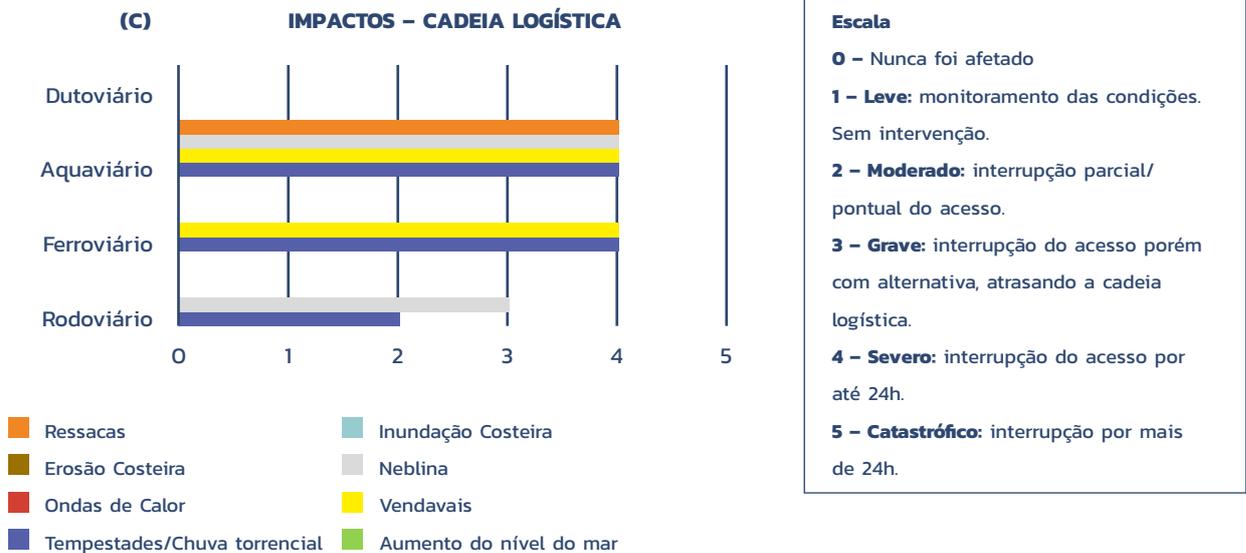
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Santos apontou as ressacas ocorridas em novembro de 2012; e vendavais sem data específica da ocorrência, como eventos mais preocupantes. No entanto, além dos vendavais e ressacas, as tempestades/chuvas torrenciais, ondas de calor e neblina são ameaças climáticas relevantes para o Porto de Santos.

IMPACTOS

A Figura 58 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Santos respondeu sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 58: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Santos: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

- I. **Ressacas:** O canal de acesso já sofreu impactos de grau 3 devido a ressacas, o que representa um impacto grave.
- II. **Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades já impactaram o canal de acesso e pátio de armazenagem em um grau grave (Grau 3), ocorrendo reparo/manutenção por pessoal externo.
- III. **Vendavais:** Os vendavais já impactaram o canal de acesso e pátio de armazenagem em um grau grave (Grau 3), ocorrendo reparo/manutenção por pessoal externo.

Operação

- I. **Ressacas:** As operações de canal de acesso e entrada/saída de navios já foram afetadas igualmente pelas ressacas com um impacto de grau 4, classificado como severo, acontecendo uma parada total das atividades por curto período.
- II. **Ondas de calor:** As operações de armazéns já foram afetadas pelas ondas de calor resultando em um impacto moderado (Grau 2), acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade.
- III. **Neblina:** As operações do canal de acesso, pátio e entrada/saída de navios já foram afetadas pelas neblinas resultando em um impacto severo (Grau 4), acontecendo uma parada total das atividades por curto período.
- IV. **Tempestades/chuvas torrenciais:** As operações do canal de acesso, pátio, entrada/saída de navios e berço já foram afetadas pelas tempestades resultando em um impacto severo (Grau 4), acontecendo uma parada total das atividades por curto período.
- V. **Vendavais:** As operações do canal de acesso, pátio, entrada/saída de navios e berço já foram afetadas pelos vendavais resultando em um impacto severo (Grau 4), acontecendo uma parada total das atividades por curto período.

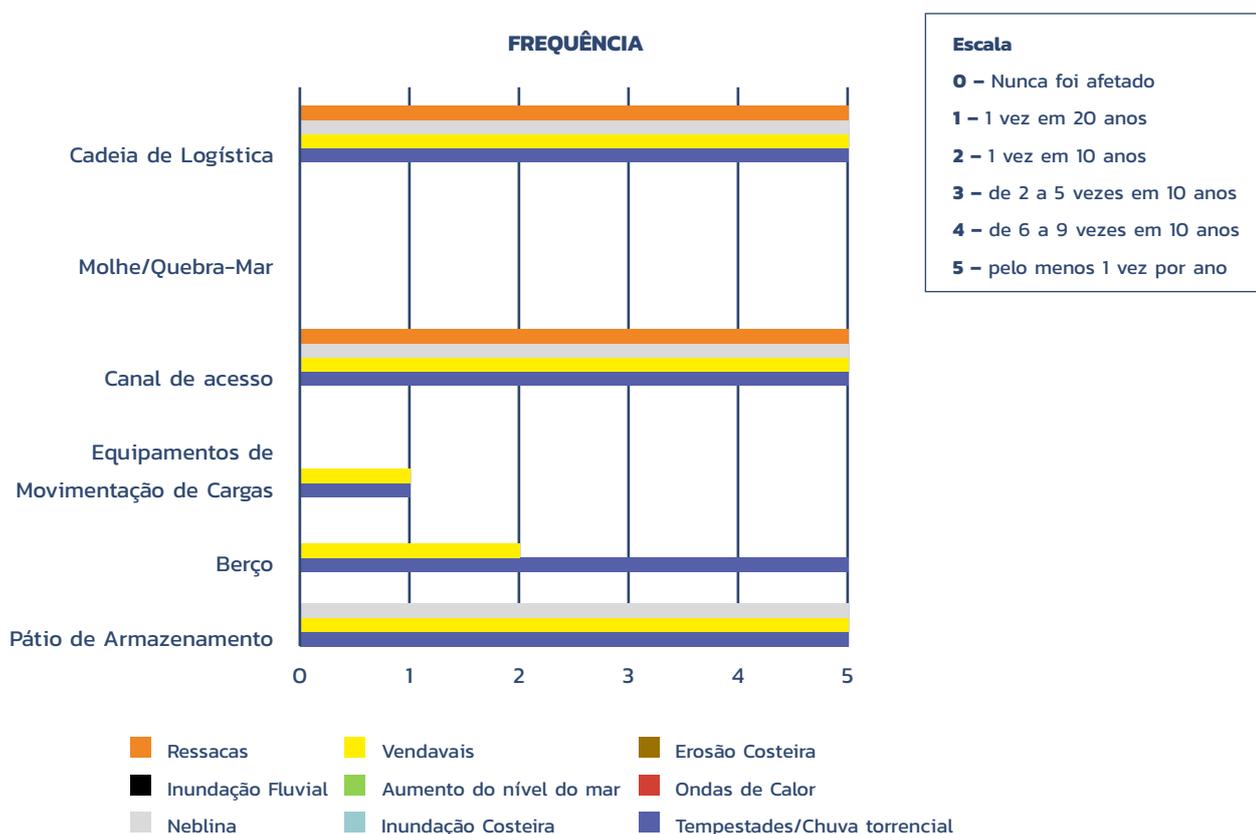
Cadeia Logística

- I. Ressacas:** As ressacas geraram impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como severo (Grau 4), ocorrendo a interrupção do acesso por até 24 horas.
- II. Neblina:** As neblinas geraram impactos no acesso aquaviário e rodoviário, sendo esse impacto no aquaviário classificado como severo (Grau 4), ocorrendo a interrupção do acesso por até 24 horas, e no rodoviário classificado como grave (Grau 3), ocorrendo interrupção do acesso, porém com alternativa, atrasando a cadeia logística.
- III. Tempestades/chuvas torrenciais:** As tempestades geraram impacto severo (Grau 4), ocorrendo a interrupção do acesso por até 24 horas, no acesso aquaviário e ferroviário, enquanto no acesso rodoviário geraram impacto moderado (Grau 2), acontecendo interrupção parcial/pontual de uma atividade.
- IV. Vendavais:** Os vendavais geraram impacto no acesso aquaviário e ferroviário, sendo esse impacto classificado como severo (Grau 4), ocorrendo a interrupção do acesso por até 24 horas.

FREQUÊNCIA

A Figura 59 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Santos, a qual se refere a frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 59: Resultados da questão 8 do Porto de Santos: frequência das ameaças climáticas com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas ressacas, vendavais, tempestades/chuvas torrenciais, neblina possuem frequência significativa de impacto no Porto de Santos, nos últimos anos.

As ressacas já causaram impacto no berço, no pátio de armazenamento e nos equipamentos em uma frequência de pelo menos 1 vez por ano no canal de acesso e na cadeia logística. Os vendavais também causaram impacto pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística, no canal de acesso, além do pátio de armazenamento. Nos equipamentos de movimentação de cargas a frequência de impacto foi de 1 vez em 20 anos e no berço 1 vez em 10 anos.

As tempestades/chuvas torrenciais causaram impacto em uma frequência de pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística, no canal de acesso, no berço e no pátio de armazenamento, e nos equipamentos de movimentação 1 vez em 20 anos.

Por fim, as neblinas causaram impacto pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística, no canal de acesso e no pátio de armazenamento, de acordo com as informações relatadas pelos respondentes.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 20 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de Santos.

Tabela 20: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 a 21 (limiares críticos nas operações) e 23 a 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Santos.

PORTO DE SANTOS		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Berço	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	30	N/A	N/A	132
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Canal de Acesso	N/A	N/A	30	N/A	N/A	132
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	N/A	30	N/A	N/A	132
	Berço	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Pátio	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Armazéns	N/A	N/A	30	40	N/A	132
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Ferroviário	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Aquaviário	N/A	N/A	30	40	N/A	132
	Dutoviário	N/A	N/A	30	40	N/A	132

Visto que as ameaças climáticas vendavais, tempestades/chuvas torrenciais, ressacas e neblina são as que já geraram algum impacto para o Porto de Santos, faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/h), precipitação (mm/dia), e temperatura máxima e mínima (°C) para o pleno funcionamento do porto. Todas as informações climáticas são monitoradas diariamente pela praticagem do Porto de Santos, como relatado na questão 35. Entretanto, o porto apresentou informações somente sobre os limiares relacionados à velocidade do vento, temperatura e precipitação.

SÍNTESE

O Porto de Santos é o principal porto público do Brasil, representando aproximadamente 30% de toda a movimentação nacional. Sua área de influência abrange toda a região Sudeste, Sul e grande parte do Centro-Oeste, movimentando ainda, cargas em trânsito para Bolívia, Paraguai e Chile, devido não só a sua localização como também, a expressiva malha de acessos ao porto constituída por todos os modais de transportes, inclusive o aéreo.

O Complexo Portuário de Santos está localizado nas cidades de Santos e Guarujá, ao longo de um estuário limitado por esses dois municípios. Suas instalações se estendem na Margem Direita (Santos) desde a Ponta da Praia até a Alamoia e na Margem Esquerda (majoritariamente, Guarujá) desde a Ilha de Barnabé até a embocadura do Rio Santo Amaro. Situa-se em área abrigada, portanto, seus berços estão protegidos de impactos das correntes e ressacas.

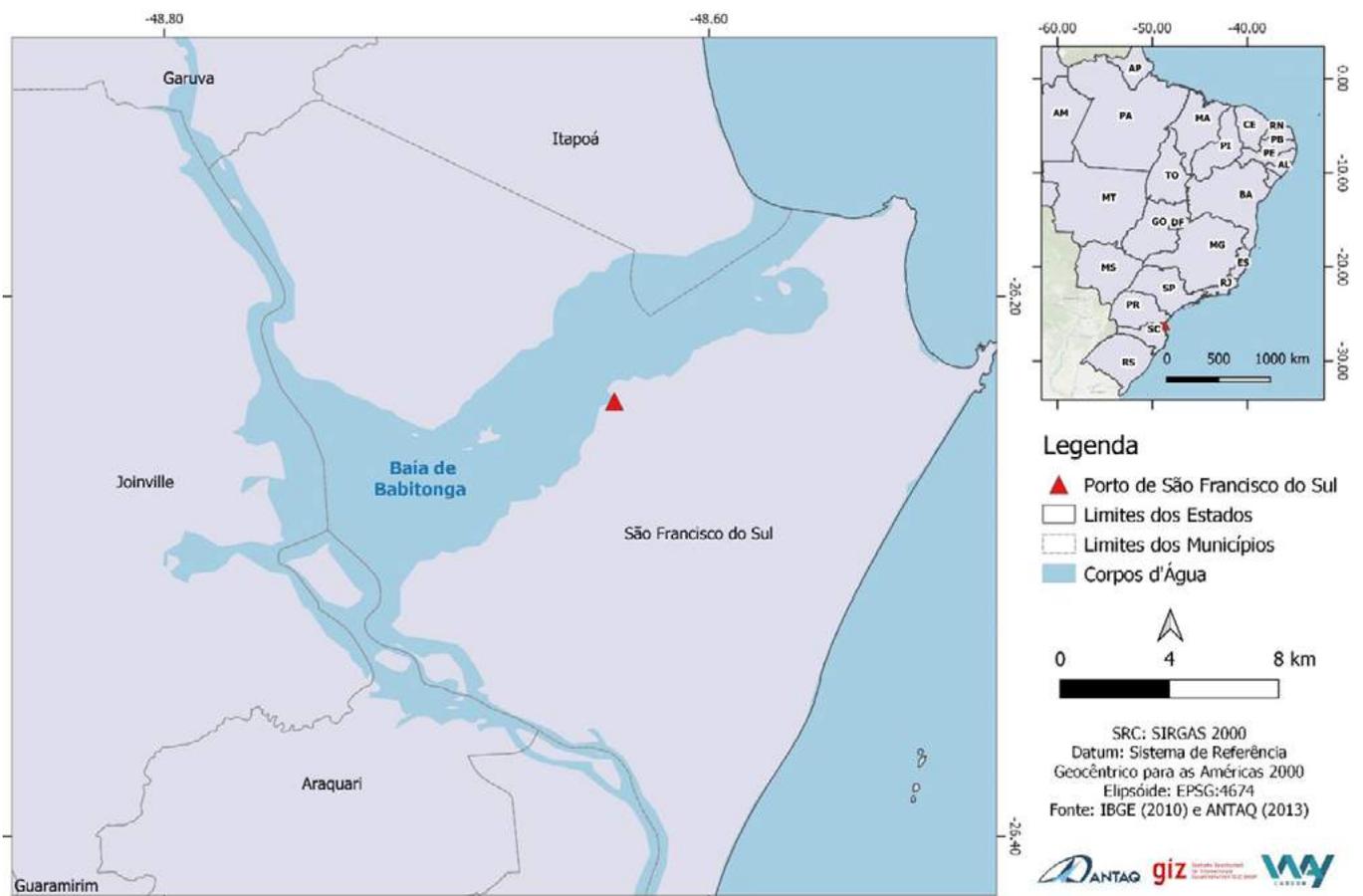
As ameaças climáticas vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e ressacas afetam a infraestrutura portuária de forma grave, sendo que as ressacas afetam o canal de acesso ao Porto.

Considerando que no Porto de Santos qualquer paralisação na operação gera enormes prejuízos, destaca-se que vendavais, tempestades/chuvas torrenciais, ressacas e neblina provocam impactos severos na operacionalidade do porto. Há ainda registro de impacto moderado por conta de ondas de calor. Essas mesmas ameaças provocam impactos severos na cadeia logística do Porto, sobretudo nos acessos aquaviários e rodoviários. Em relação à frequência, os vendavais, tempestades/chuvas torrenciais, ressacas e neblina ocorrem pelo menos uma vez por ano no Porto de Santos.

3.3.3.18 :: Porto de São Francisco do Sul

O Porto de São Francisco do Sul, administrado pela SCPAr Porto de São Francisco do Sul, está localizado no município de São Francisco do Sul – SC, na Baía de Babitonga (Figura 60). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimenta carga geral, granel líquido, sólido e gasoso, sendo registradas, em média, 11.473.637 toneladas movimentadas por ano.

Figura 60: Localização do Porto de São Francisco do Sul.



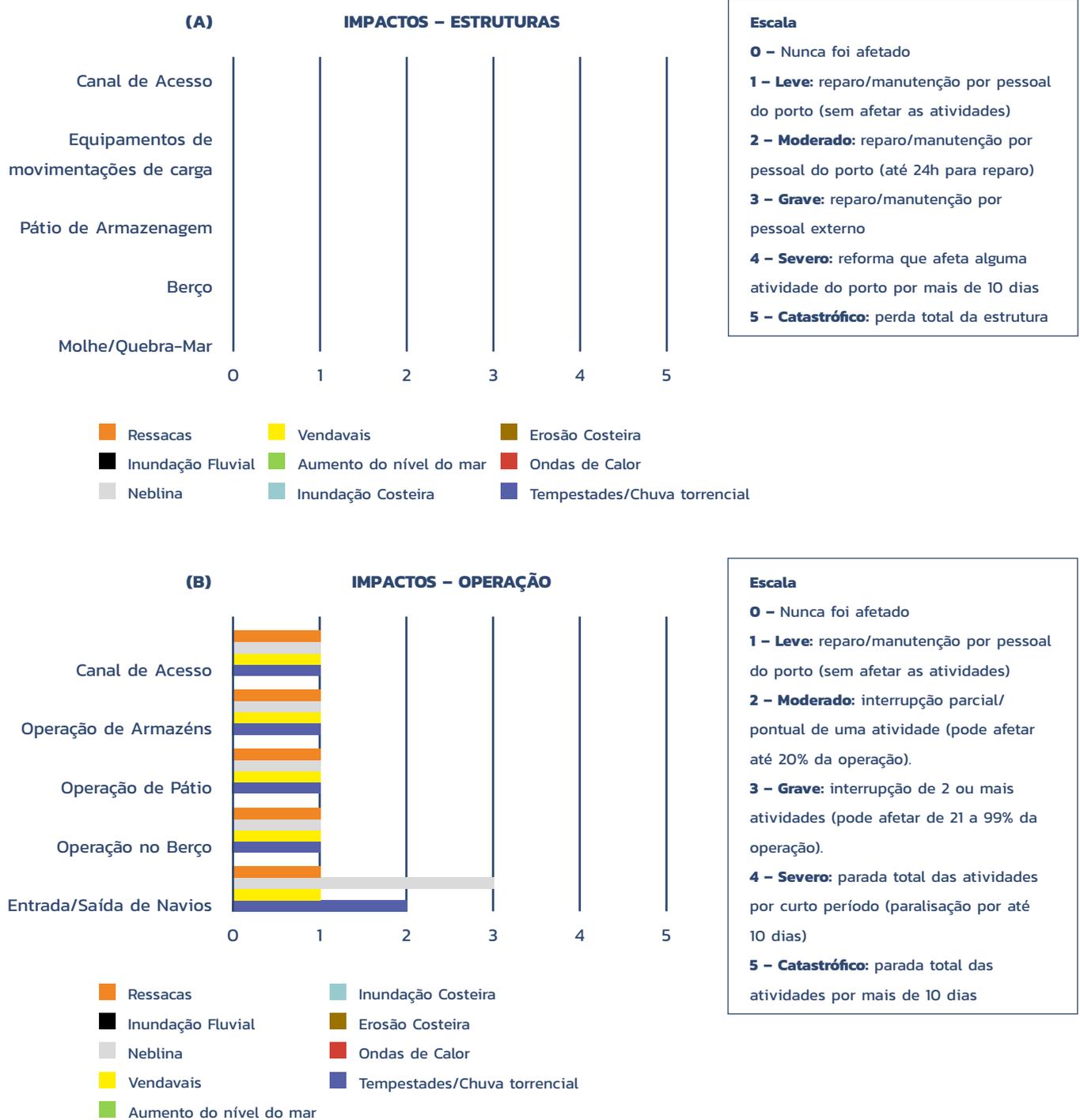
AMEAÇAS

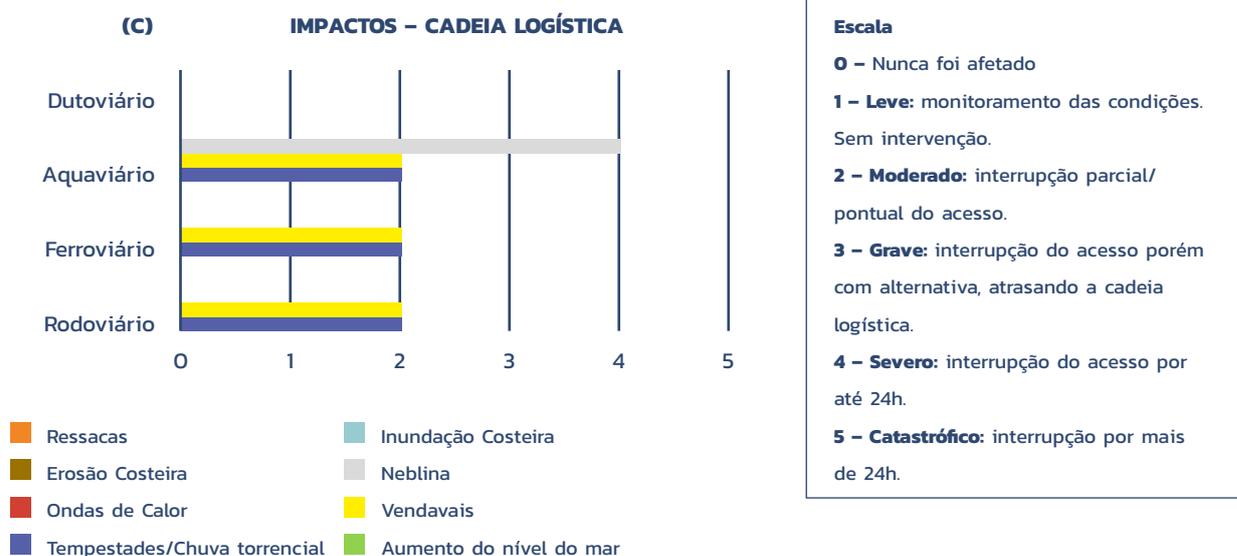
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de São Francisco do Sul apontou como os principais eventos extremos já registrados os vendavais ocorridos em 23 de dezembro de 2018, as tempestades/chuva torrencial ocorridas em julho de 2020 e a neblina que segundo os respondentes ocorrem ocasionalmente no inverno. Ainda, de acordo com a análise de impacto as ressacas são uma ameaça climática relevante para o Porto de São Francisco do Sul.

IMPACTOS

A Figura 61 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de São Francisco do Sul respondeu sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 61: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de São Francisco do Sul: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

Segundo os respondentes, não houve impactos nas estruturas.

Operação:

- I. Ressacas:** As operações do canal de acesso, armazéns, pátio, berço e entrada/saída de navios já foram afetadas pelas ressacas com um impacto de grau 1, classificado como leve, o que significa que houve a necessidade de reparo/manutenção por parte do pessoal do porto.
- II. Vendavais:** As operações do canal de acesso, armazéns, pátio, berço e entrada/saída de navios já foram afetadas pelos vendavais com um impacto de grau 1, classificado como leve, o que significa que houve a necessidade de reparo/manutenção por parte do pessoal do porto.
- III. Tempestades/chuvas torrenciais:** As operações do canal de acesso, armazéns, pátio e berço já foram afetadas pelas tempestades com um impacto de grau 1, classificado como leve, o que significa que houve a necessidade de reparo/manutenção por parte do pessoal do porto. Já a operação de entrada/saída de navios já foi impactada em um grau moderado (Grau 2), ocorrendo a interrupção parcial/pontual de uma atividade.
- IV. Neblinas:** As operações do canal de acesso, armazéns, pátio e berço já foram afetadas pelas neblinas com um impacto de grau 1, classificado como leve, o que significa que houve a necessidade de reparo/manutenção por parte do pessoal do porto. Já a operação de entrada/saída de navios já foi impactada em um grau grave (Grau 3), ocorrendo a interrupção de duas ou mais atividades.

Cadeia Logística

- I. Tempestades/Chuvas torrenciais:** As tempestades geraram impacto no acesso aquaviário, ferroviário e rodoviário, sendo esse impacto classificado como moderado (Grau 2), havendo a interrupção parcial/pontual do acesso.

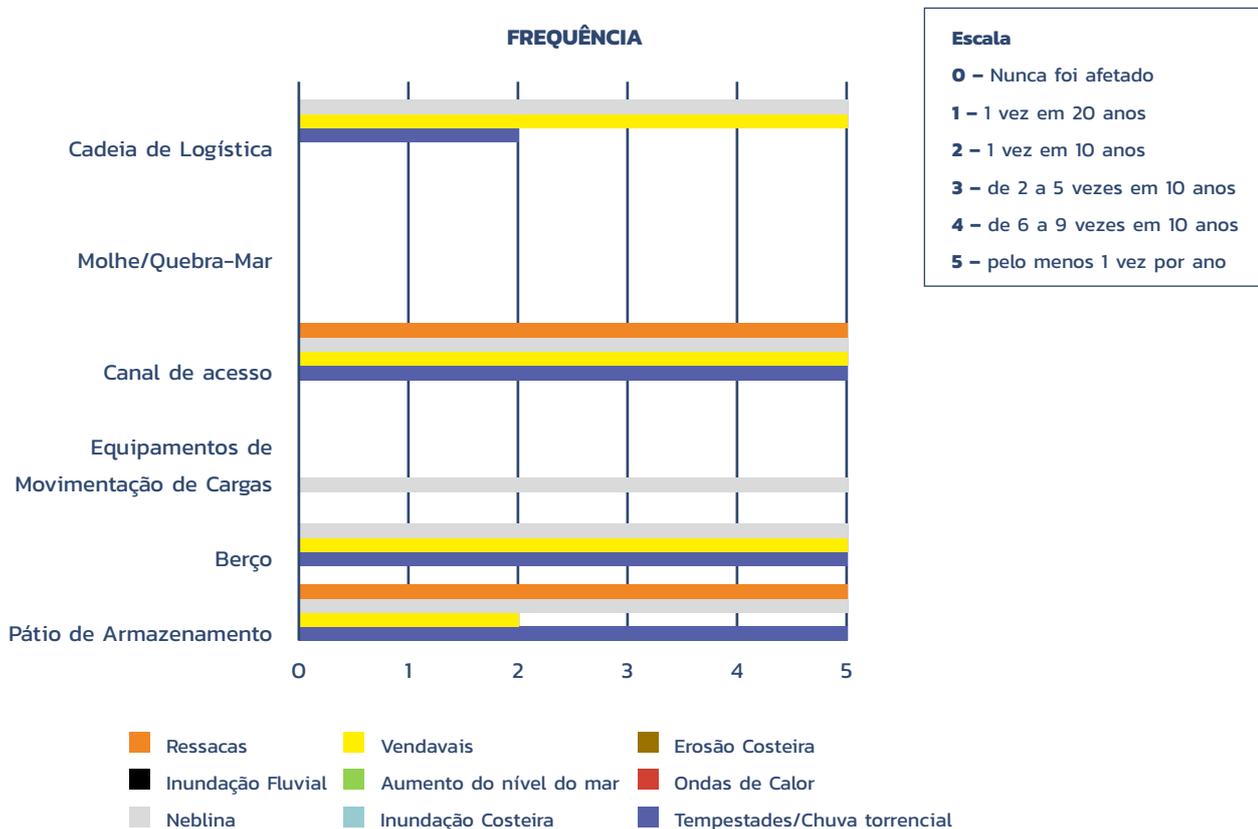
II. Vendavais: Os vendavais geraram impacto no acesso aquaviário, ferroviário e rodoviário, sendo esse impacto classificado como moderado (Grau 2), havendo a interrupção parcial/pontual do acesso.

III. Neblina: A neblina gerou impacto apenas no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como severo (Grau 4), ocorrendo a interrupção do acesso por até 24 horas.

FREQUÊNCIA

A Figura 62 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de São Francisco do Sul, a qual se refere a frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 62: Resultados da questão 8 do Porto de São Francisco do Sul: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas ressacas, vendavais, tempestades/chuvas torrenciais e neblina possuem frequência relevante de impacto no Porto de São Francisco do Sul.

As ressacas causaram impacto com uma frequência de pelo menos uma vez por ano no canal de acesso e no pátio de armazenamento. Os vendavais causaram impacto pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística, no canal de acesso e no berço e, no pátio de armazenamento, 1 vez em 10 anos.

As tempestades/chuvas torrenciais causaram impacto pelo menos 1 vez por ano no canal de acesso, no berço e no pátio de armazenamento. Já na cadeia logística a frequência de impacto foi de 1 vez em 10 anos. A neblina já causou impacto pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística, no canal de acesso, nos equipamentos de movimentação de carga, no pátio de armazenamento e no berço, nos últimos 20 anos.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 21 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de São Francisco do Sul:

Tabela 21: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de São Francisco do Sul

PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	N/A	100	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	100	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	100	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	100	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Ferrovário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas vendavais, tempestades/chuvas torrenciais, ressacas e neblina são as que já geraram algum impacto para o Porto de São Francisco do Sul, faz-se importante conhecer os limiares críticos como velocidade do vento (km/h), precipitação (mm/dia), e temperatura mínima (°C) para todo o funcionamento do porto.

O Porto de São Francisco possui estação própria e monitora diariamente: aumento do nível do mar, ondas, ventos, precipitação, temperatura e velocidade da corrente. O Porto apresentou uma referência empírica de limiar crítico relacionado à velocidade do vento (100 km/h) que impacta a operacionalidade portuária.

SÍNTESE

O Porto de São Francisco do Sul é o principal porto público do estado de Santa Catarina em termos de movimentação, com ênfase em grãos e carga geral. Conta com acesso ferroviário, o que lhe permite maior eficiência e escala na operação terrestre.

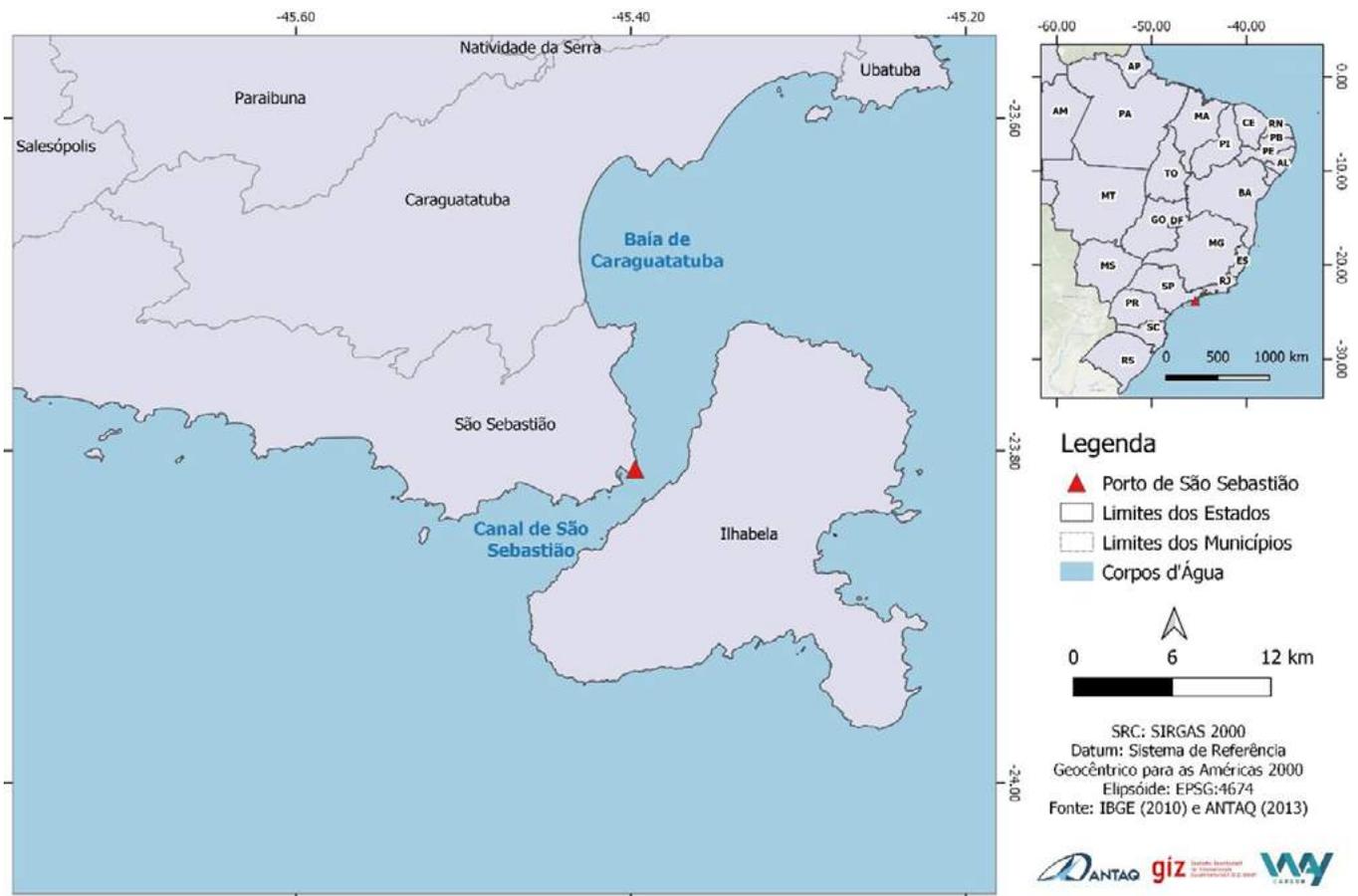
Embora se situe na Baía de Babitonga, em área abrigada, ainda sofre com efeito de ressacas, sobretudo na operação. Outras ameaças como vendavais e tempestades/chuvas torrenciais ocorrem de forma leve e com periodicidade anual.

A neblina impacta as operações e de forma mais severa o acesso aquaviário e a entrada/saída de navios, também com periodicidade anual, principalmente no inverno. As ameaças climáticas que ocorrem com maior frequência no Porto de São Francisco do Sul podem ser explicadas sobretudo por fatores relacionados a sua posição geográfica.

3.3.3.19 :: Porto de São Sebastião

O Porto de São Sebastião, administrado pela Companhia Docas de São Sebastião, está localizado no município de São Sebastião – SP, no canal de São Sebastião (Figura 63). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimenta carga geral e granel sólido, sendo registradas, em média, 745.484 toneladas movimentadas por ano.

Figura 63: Localização do Porto de São Sebastião.



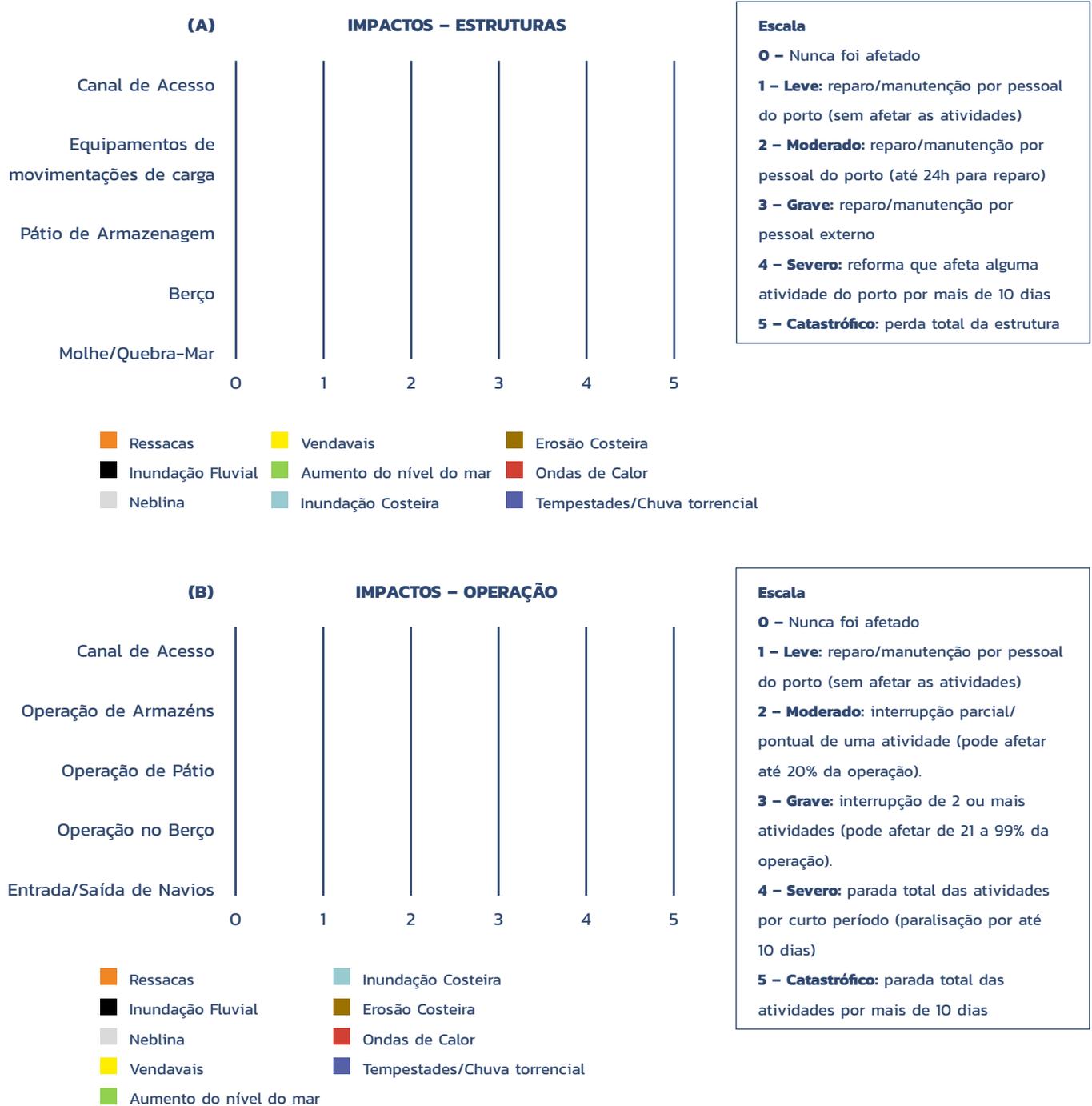
AMEAÇAS

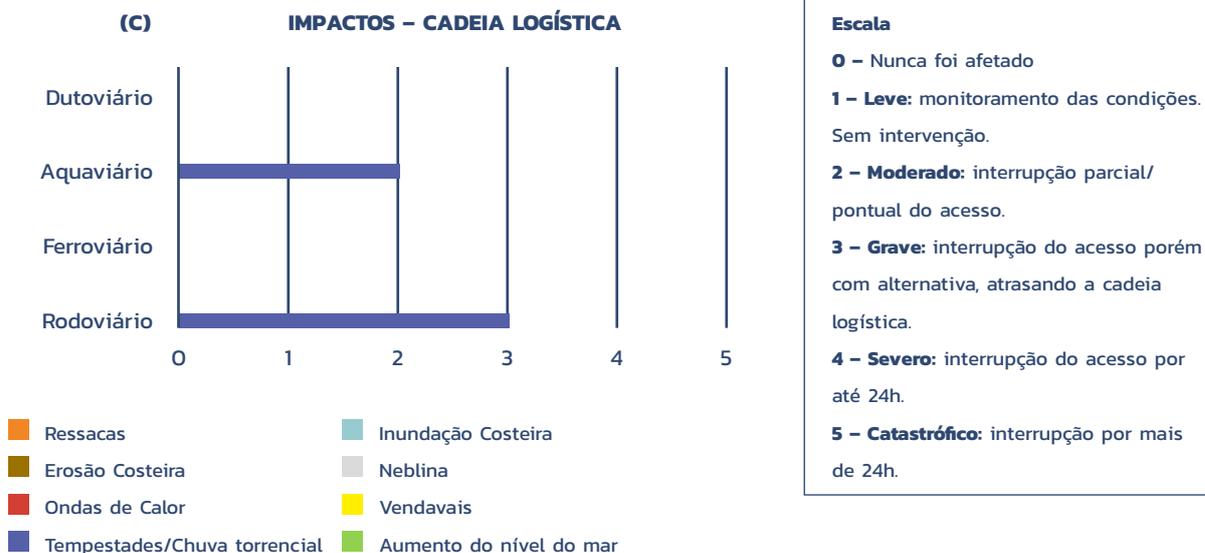
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de São Sebastião apontou como eventos extremos os vendavais ocorridos em março de 2019 e tempestades/chuva torrencial sem registro de uma data específica. Esses apontamentos alinham-se ao que foi informado na análise de frequência de impacto.

IMPACTOS

A Figura 64 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de São Sebastião respondeu sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 64: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de São Sebastião: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

Segundo os respondentes, não houve impactos nas estruturas.

Operação

Segundo os respondentes, não houve impactos nas operações.

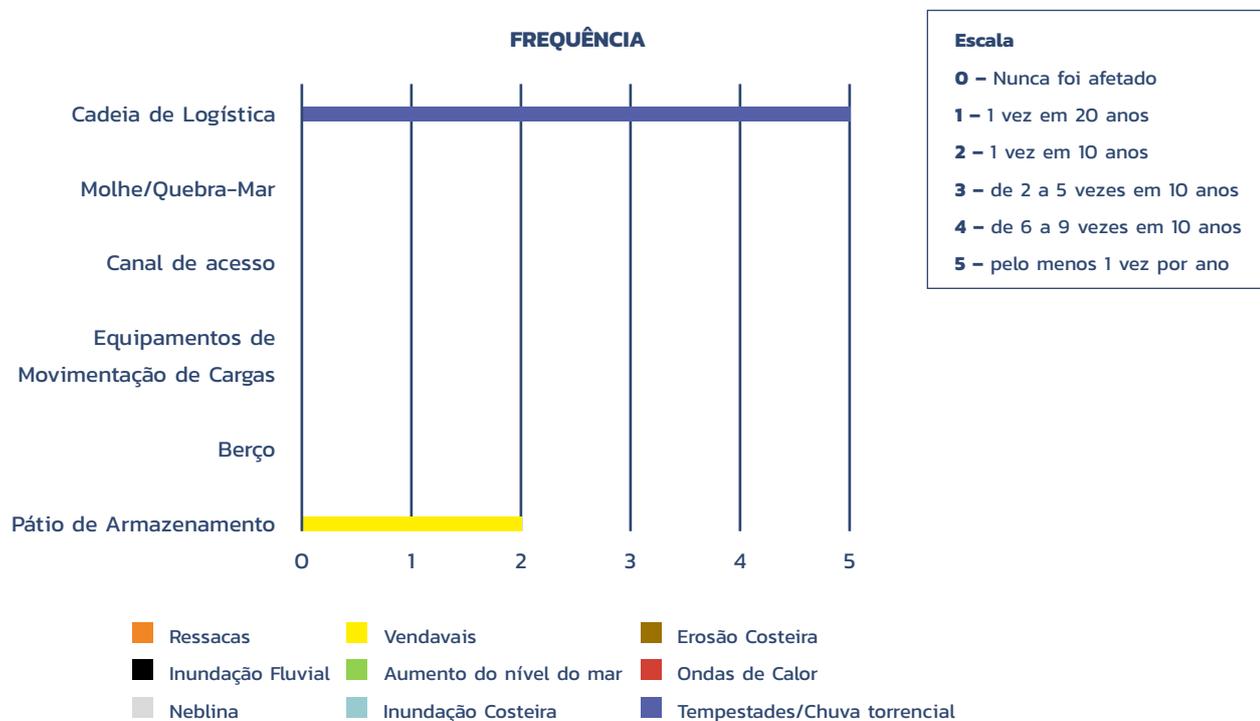
Cadeia Logística

I. Tempestades/Chuvas torrenciais: As tempestades geraram impacto no acesso aquaviário e rodoviário, sendo esse impacto para o aquaviário classificado como moderado (Grau 2), havendo a interrupção parcial/pontual do acesso. Já para o rodoviário classificado como grave (Grau 3), ocorrendo a interrupção do acesso, porém com alternativa, atrasando a cadeia logística.

FREQUÊNCIA

A Figura 65 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de São Francisco do Sul, a qual se refere a frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 65 – Resultados da questão 8 do Porto de São Sebastião: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas vendavais e tempestades/chuvas torrenciais possuem uma frequência de impacto no Porto de São Sebastião, nos últimos 10 anos.

Os vendavais causaram impacto em uma frequência de 1 vez em 10 anos no pátio de armazenamento. Porém o seu grau de impacto não foi informado pelos respondentes. Já, as tempestades/chuvas torrenciais causaram impacto pelo menos 1 vez por ano na cadeia logística, nos últimos 20 anos.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 22 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de São Sebastião.

Tabela 22: Resultados das questões 12 à 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 à 21 (limiares críticos nas operações) e 23 à 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de São Sebastião.

PORTO DE SÃO SEBASTIÃO		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	30	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	30	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	30	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	30	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100
	Ferroviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas vendavais e tempestades/chuvas torrenciais são as que já geraram algum impacto para o Porto de São Sebastião, faz-se importante conhecer os limiares críticos como velocidade do vento (km/hora) e precipitação (mm/dia) para todo o funcionamento do porto. Entretanto, o Porto não realiza monitoramento de informações climáticas (como informado na questão 35), mas obtém informações mensais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para as variáveis climáticas ventos, precipitação e temperatura. Ainda assim, apresentou informações sobre os limiares relacionados à velocidade do vento para as operações portuárias.

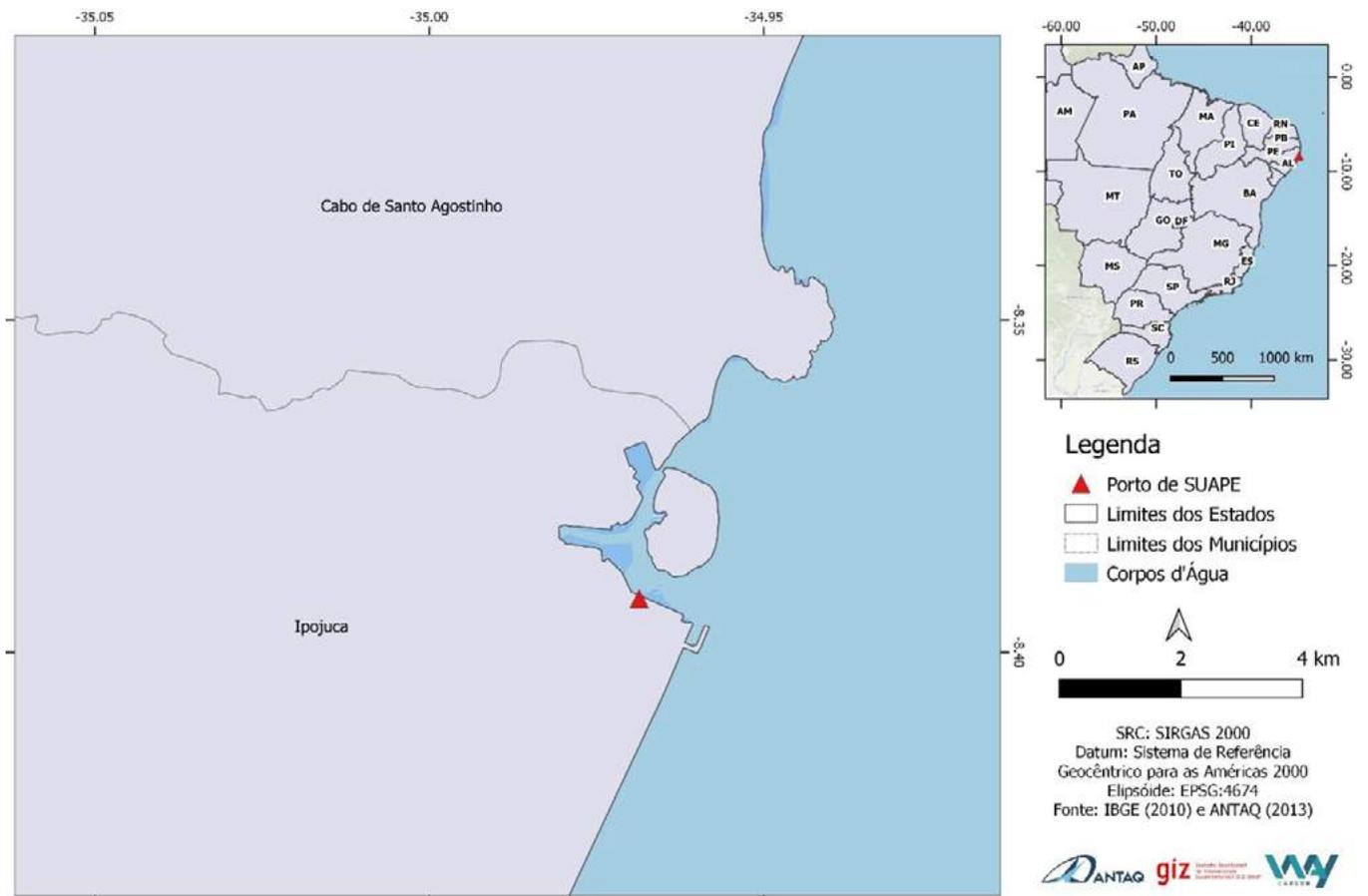
SÍNTESE

O Porto de São Sebastião movimenta principalmente granéis sólidos minerais, vegetais e carga geral e situa-se na margem oeste do canal de São Sebastião, em área abrigada, em frente à Ilhabela (SP), o que lhe confere abrigo natural e protege suas instalações em relação ao impacto das correntes e ressacas. Em relação às ameaças, não há registros de impactos na infraestrutura e operação portuárias. As tempestades/chuvas torrenciais afetam apenas os acessos aquaviário e rodoviário, sendo o último de forma grave, ou seja, com interrupção do acesso. No que se refere à frequência dos eventos, as tempestades/chuvas torrenciais afetam a cadeia logística do Porto pelo menos uma vez por ano.

3.3.3.20 :: Porto de SUAPE

O Porto de SUAPE, administrado pela Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros, está localizado no município de Ipojuca – PE (Figura 66). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimenta carga containerizada, geral, granel líquido-gasoso e sólido, sendo registradas, em média, 24.342.001 toneladas movimentadas por ano.

Figura 66: Localização do Porto de SUAPE.



AMEAÇAS

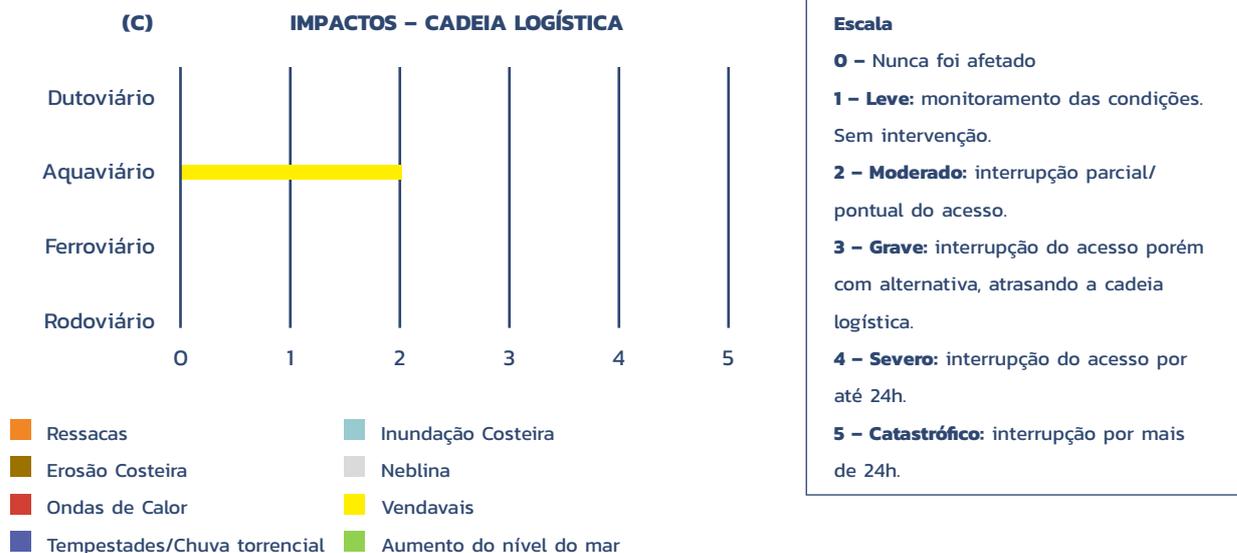
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de SUAPE apontou as ressacas ocorridas em agosto de 2015 e os vendavais ocorridos em agosto de 2019 como eventos extremos já registrados, indo ao encontro da análise de impacto.

IMPACTOS

A Figura 67 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de SUAPE respondeu sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 67: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de SUAPE: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

- I. **Vendavais:** Os vendavais geraram impacto nos equipamentos de movimentação de cargas, sendo esse impacto classificado como leve (Grau 1), havendo reparo/manutenção por pessoal do porto, sem afetar as atividades.
- II. **Ressacas:** Os vendavais geraram impacto no molhe/quebra-mar, sendo esse impacto classificado como moderado (Grau 2), havendo reparo/manutenção por pessoal do porto, com até 24 horas para reparo.

Operação

Vendavais: Os vendavais geraram impacto na operação do berço, sendo esse impacto classificado como severo (Grau 4), havendo parada total das atividades por curto período.

Cadeia Logística

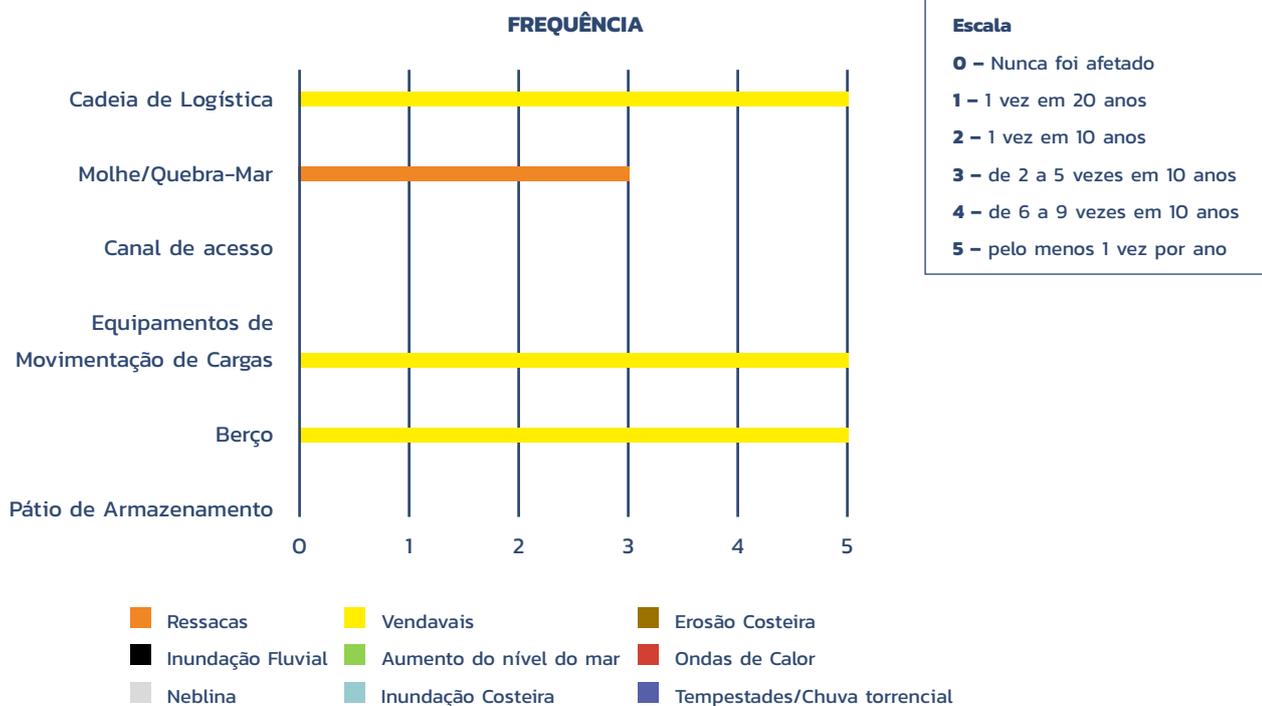
- I. **Vendavais:** Os vendavais geraram impacto no acesso aquaviário, sendo esse impacto classificado como moderado (Grau 2), havendo interrupção parcial/pontual do acesso.

Ressalta-se que o Porto de SUAPE não possui nenhum equipamento de movimentação de cargas, como indicado na questão 5. No entanto, segundo os respondentes, o porto utiliza guindaste de bordo ou guindaste terceirizado, sendo indiretamente afetado quando algum impacto ocorre nesses equipamentos. Assim, a questão 11 foi respondida considerando essa ressalva.

FREQUÊNCIA

A Figura 68 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de SUAPE, a qual se refere à frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 68: Resultados da questão 8 do Porto de SUAPE: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura)



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que as ameaças climáticas vendavais e ressacas possuem uma frequência de impacto no Porto de SUAPE, nos últimos 10 anos.

Os vendavais causaram impacto em uma frequência de pelo menos uma vez por ano na cadeia logística, equipamentos de movimentação de cargas e berço. Já as ressacas causaram impacto de 2 a 5 vezes em 10 anos no molhe/quebra-mar.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 23 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de SUAPE.

Tabela 23: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 a 21 (limiares críticos nas operações) e 23 a 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de SUAPE.

PORTO DE SUAPE		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	2,15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	4,33	N/A	30	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	46	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Ferroviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas vendavais e ressacas são as que já geraram algum impacto para o Porto de SUAPE, faz-se importante conhecer os limiares críticos como velocidade do vento (km/h) e precipitação (mm/dia) para o pleno funcionamento do porto.

O Porto de SUAPE monitora todas as informações climáticas, diariamente, por uma estação própria, com exceção da visibilidade (conforme respostas da questão 35). Porém, possuem somente informações sobre os limiares relacionados à velocidade do vento para as estruturas e operações portuárias e de aumento do nível do mar para o quebra-mar e berço.

SÍNTESE

O Porto de Suape é um dos principais portos da região Nordeste. Movimenta todos os tipos de cargas e sua área de influência abrange praticamente toda a região. Situa-se no litoral sul do Estado de Pernambuco, entre a foz dos rios Ipojuca e Massangana, distante 40 km ao sul da cidade de Recife.

O Porto de Suape está dividido em duas grandes áreas: Porto Externo, composto pelo canal de acesso, áreas de fundeio de embarcações e áreas abrigadas entre o molhe e arrecifes; e o Porto Interno, delimitado pelas áreas dos terminais, canais de navegação internos e pela Zona Indus-

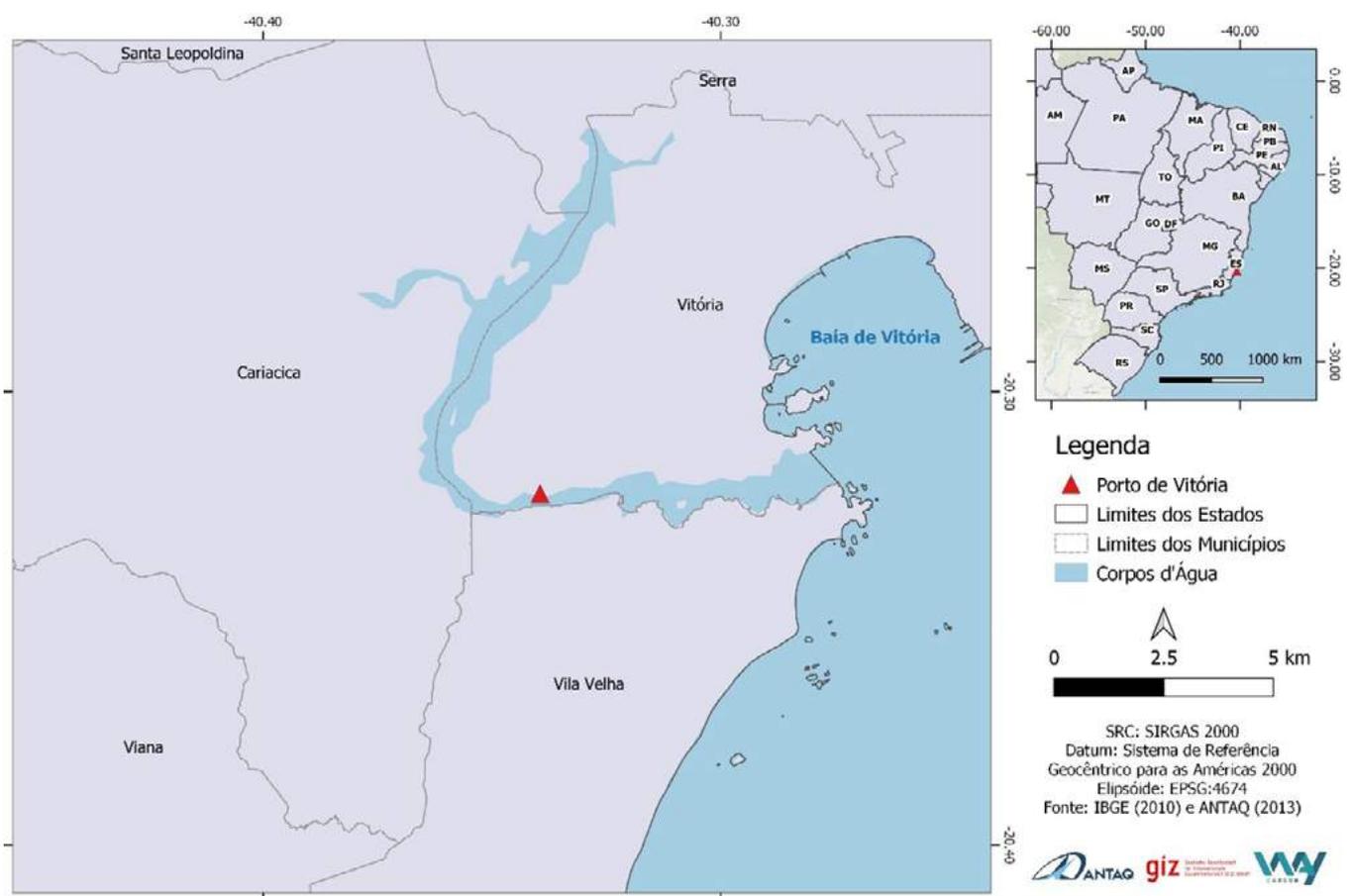
Portuária (ZIP). Há uma estrutura marítima (quebra-mar) localizada no Porto Externo que serve de proteção e abrigo para os píeres de acostagem.

Em relação às ameaças, os vendavais impactam os equipamentos de operação, a operação do berço e o acesso aquaviário. Sendo que a operação do berço é impactada de forma severa. As ressacas, por sua vez, impactam o quebra-mar de forma moderada. No que se refere à frequência dos eventos, os vendavais causam impacto em uma frequência de pelo menos uma vez por ano na cadeia logística, equipamentos de movimentação de cargas e no berço. As ressacas ocorrem em menor frequência, de 2 a 5 vezes a cada 10 anos e afetam o molhe/quebra mar.

3.3.3.21 :: Porto Vitória

O Porto de Vitória, administrado pela Companhia Docas do Espírito Santo - CODESA, está localizado no município de Vitória – ES, na Baía de Vitória (Figura 69). Segundo os dados repassados pela Antaq, referente ao período de 2018 a 2020, o porto movimenta carga containerizada, geral, granel líquido, sólido e gasoso, sendo registradas, em média, 6.879.039 toneladas movimentadas por ano.

Figura 69: Localização do Porto de Vitória.



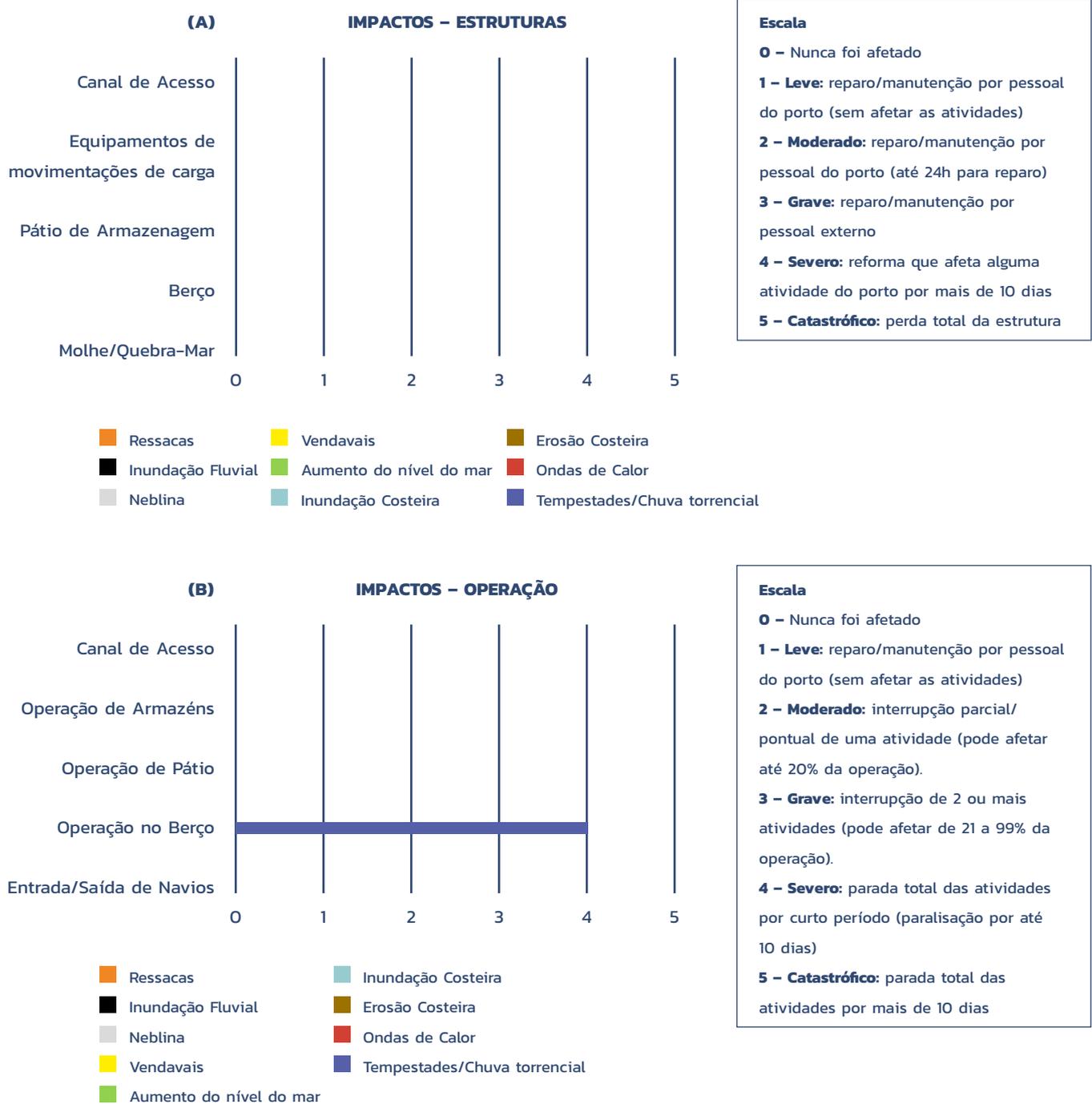
AMEAÇAS

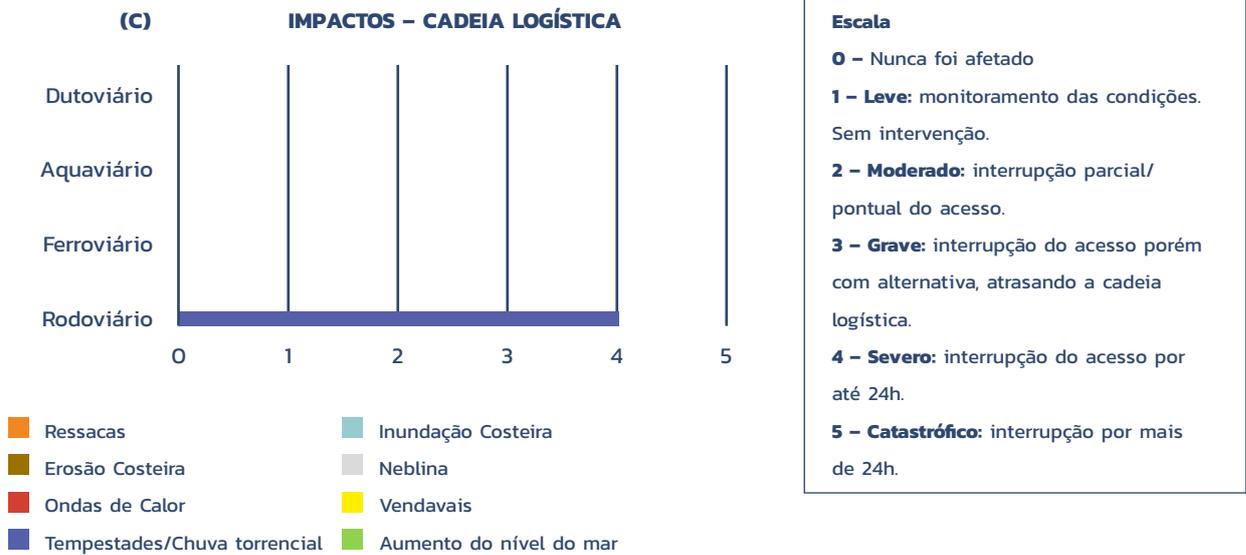
Historicamente, de acordo com as questões 9 e 10, o Porto de Vitória apontou as tempestades/chuvas torrenciais que ocorreram em 2014, como o maior evento extremo já registrado, reforçando a relevância das tempestades/chuvas torrenciais para o Porto.

IMPACTOS

A Figura 70 abaixo apresenta os resultados das questões 11, 17 e 22 nas quais o Porto de Vitória respondeu sobre o grau com que as estruturas, operações e cadeia logística já foram impactadas devido às ameaças climáticas apresentadas.

Figura 70: Resultados das questões 11, 17 e 22 do Porto de Vitória: Grau com que cada ameaça climática já afetou negativamente às (a) estruturas (b) operação (c) cadeia logística.





A partir dos resultados acima, tem-se as seguintes considerações:

Estruturas

Segundo os respondentes, não houve impactos nas estruturas.

Operação

I. Tempestades/chuvas torrenciais: A operação do berço já foi afetada pelas tempestades com um impacto de grau 4, classificado como severo, o que significa que houve a parada total das atividades por curto período.

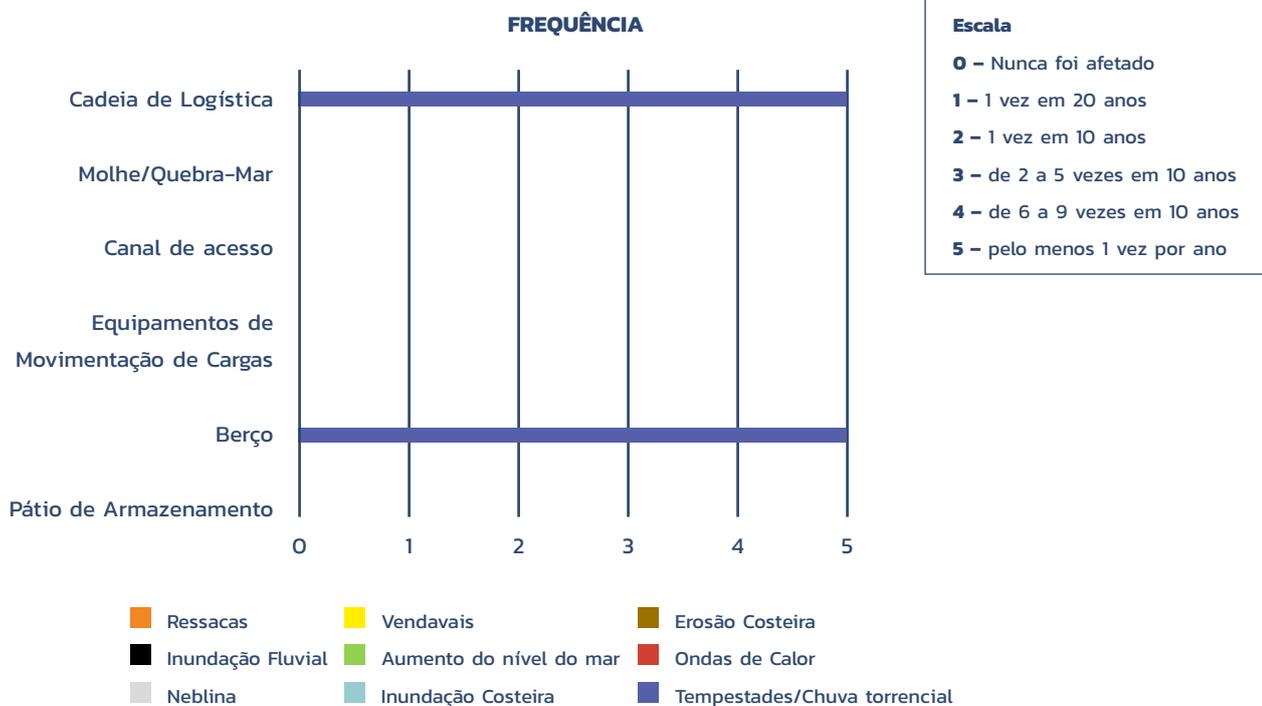
Cadeia Logística

I. Tempestades/Chuvas torrenciais: As tempestades geraram impacto no acesso rodoviário, sendo esse impacto classificado como severo (Grau 4), havendo a interrupção do acesso por até 24 horas.

FREQUÊNCIA

A Figura 71 abaixo apresenta os resultados da questão 8 do Porto de Vitória, a qual se refere a frequência das ameaças climáticas no porto.

Figura 71: Resultados da questão 8 do Porto de Vitória: frequência das ameaças climática com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou danos a infraestrutura).



Por meio dos resultados apresentados é possível observar que apenas as ameaças climáticas tempestades/chuvas torrenciais possui frequência de impacto no Porto de Vitória, nos últimos anos. Tais ameaças causam impacto com frequência pelo menos uma vez por ano na cadeia logística e no berço.

LIMIARES CRÍTICOS

A Tabela 24 abaixo apresenta os limiares críticos em relação às ameaças climáticas para as estruturas, operações e cadeia logística para o Porto de Vitória:

Tabela 24: Resultados das questões 12 a 16 (limiares críticos nas estruturas); 18 a 21 (limiares críticos nas operações) e 23 a 26 (limiares críticos na cadeia logística) do Porto de Vitória.

PORTO DE VITÓRIA		Limiares Críticos					
		Aumento do nível do mar (m)	Nível da água em tempestades (m)	Velocidade do vento (km/h)	Temp.Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	Precipitação (mm/dia)
ESTRUTURAS	Molhe/Quebra Mar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Pátio de Armazenamento	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Equipamentos de movimentação de cargas	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Canal de Acesso	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
OPERAÇÃO	Entrada/Saída de navios	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Berço	N/A	N/A	50	N/A	N/A	N/A
	Pátio	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Armazéns	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CADEIA LOGÍSTICA	Rodoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Ferroviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Aquaviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Dutoviário	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Visto que as ameaças climáticas tempestades/chuvas torrenciais são as que já geraram algum impacto para o Porto de Vitória, faz-se importante conhecer os limiares críticos de velocidade do vento (km/h) e precipitação (mm/dia), para o pleno funcionamento do porto. Entretanto, observa-se que os respondentes apenas indicaram o limiar de 50 Km/hora em relação à velocidade do vento para equipamentos de movimentação de carga e berço, ainda que o porto realize monitoramento diário de todas as informações por meio de uma estação climática própria e de um banco de dados online, como informado na questão 35.

SÍNTESE

O Porto de Vitória possui importante relevância econômica para o estado, o porto movimenta todos os tipos de cargas e sua área de influência abrange principalmente os estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Bahia.

Situa-se na Baía de Vitória, o que lhe confere abrigo natural e protege suas instalações em relação ao impacto das correntes e ressacas. Em relação às ameaças, destaca-se unicamente as tempestades/chuvas torrenciais que afetam a operação no berço e o acesso rodoviário, ambos de forma severa. No que se refere à frequência dos eventos, as tempestades/chuvas torrenciais afetam a operacionalidade do Porto pelo menos uma vez por ano.

3.4 :: AMEAÇA

Esta seção apresenta a metodologia aplicada para elaboração do indicador de ameaça para tempestades, vendavais e aumento do nível do mar. Na seção 3.4.1 são apresentados os dados observacionais e projeções climáticas analisadas. A descrição dos indicadores de tempestade, vendaval e aumento do nível do mar são apresentados na seção 3.4.2. Ainda nesta seção são apresentados a análise de tendência (seção 3.4.3), aplicação do método *Delta Change Factor* (seção 3.4.4) e a formulação da padronização utilizada (seção 3.4.5). Abaixo é possível observar um fluxograma contendo todo o processo realizado desde o *download* dos dados observacionais e dos modelos climáticos até a criação das ameaças climáticas de tempestade e vendaval (Figura 72).

Figura 72: Fluxograma das etapas metodológicas.



3.4.1 :: Base de Dados

Nesta seção serão apresentados o detalhamento sobre os dados observacionais e das projeções climáticas utilizadas para os cálculos dos índices de extremos climáticos no presente trabalho.

3.4.1.1 :: Dados Observacionais

No presente trabalho, utilizou-se três conjuntos de dados observacionais, sendo dois conjuntos relacionados à precipitação – a média climatológica de precipitação acumulada do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (INMET, 2009) do período de 1961-1990 e os dados *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data* (CHIRPS) (FUNK *et al.*, 2015) em frequência diária de 1986 a 2005 – e um conjunto relacionado à velocidade máxima do vento, no caso o ERA-Interim (DEE *et al.*, 2011), também em frequência diária no período de 1986 a 2005.

3.4.1.2 :: Projeções Climáticas

Para realizar as análises das ameaças climáticas, foram considerados três horizontes temporais, sendo eles: período observado (1986-2005), período de curto prazo projetado para 2030 (valor central na média entre 2021-2040) e de médio prazo projetado para 2050 (valor central na média entre 2041-2060). A definição dos horizontes temporais vai ao encontro do planejamento estratégico do setor portuário e, também, da metodologia apresentada na plataforma AdaptaBrasil do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), na qual os resultados deste projeto serão incorporados. Embora a recomendação da Organização Meteorológica Mundial (OMM) seja utilizar 30 anos de dados para estabelecer a climatologia de um determinado local, o período de 20 anos é considerado representativo para normais climatológicas e vem sendo adotado nos relatórios do IPCC pelo *Working Group I no Fifth Assessment Report* (WGI AR5).

Os modelos climáticos são executados usando dados sobre os fatores que influenciam o clima. Assim, para a geração das projeções climáticas, os modelos climáticos são forçados por um conjunto de condições de contorno e por cenários de concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, denominados como *Representative Concentration Pathways* (RCP)⁵. No contexto desse projeto, foram utilizados os cenários RCP4.5 e RCP8.5. No cenário RCP4.5 a concentração de CO₂ equivalente na atmosfera atinge cerca de 650 ppm até o final do século XXI e as estratégias para reduzir as emissões de GEE fazem com que as forças radiativas se estabilizem em 4,5 W/m² antes do ano 2100, o que representa um aumento de aproximadamente 1,8°C na temperatura média global. Já o RCP8.5 corresponde a um cenário de alta concentração de GEE na atmosfera, no qual o CO₂ equivalente excede a 1000 ppm até o final do século XXI e, com isso, o forçamento radiativo atingirá 8,5 W/m² até o ano 2100, levando a um aumento de aproximadamente 3,7°C na temperatura média global (INPE, 2021).

5. Os RCPs partem de pressupostos para delinear possíveis comportamentos climáticos futuros, desde como o mundo se aquecerá sem uma política climática, até o aquecimento menos extremo que ocorrerá com cortes significativos nas emissões de GEE. Também consideram trajetórias futuras crescimento econômico, populacional e *feedbacks* climáticos.

Vale ressaltar que os cenários não são previsões do futuro, mas sim projeções do que pode acontecer, criando descrições plausíveis, coerentes e internamente consistentes de possíveis mudanças do clima. E ainda, o desenvolvimento de modelos climáticos tem tido grandes avanços nos últimos anos e o seu uso está no cerne da ciência do clima como parte fundamental para análises de riscos (IPCC, 2014).

Assim sendo, os Modelos Climáticos Regionais (RCMs) foram desenvolvidos com o objetivo de realizar simulações para determinadas regiões geográficas com uma resolução mais alta do que os Modelos Climáticos Globais (GCMs), fornecendo, assim, informações mais adequadas para estudos de fenômenos regionais e para aplicação à vulnerabilidade, impacto e avaliações de adaptação (GIORGI, 2019). Em contrapartida, os modelos regionais, por não abrangerem todo o globo, devem se basear em informações fornecidas nas fronteiras laterais para simular climas no interior do seu domínio de estudo (STANFORTH, 1997).

Diante disso, utilizou-se os dados dos modelos climáticos regionais que fizeram parte do *Coordinated Regional Downscaling Experiment (CORDEX)*⁶ como o RCA4⁷ e WRF⁸ forçados por modelos climáticos globais do *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5)* para o domínio da América do Sul (SAM-44). Esses dados estão hospedados na plataforma *Earth System Grid Federation (ESGF)*. Os modelos apresentam resolução espacial de 0,44°, isto é, aproximadamente 50 km x 50 km. Para a seleção dos modelos utilizados no presente projeto, foi realizado um estudo de comparação do campo espacial da climatologia anual de precipitação dos modelos CanESM2-RCA4, CanESM2-WRF, HadGEM2-ES-RCA4, MIROC5-RCA, CSIRO-Mk3-RCA4, NorESM1-M-RCA4, MPI-ESM-LR-RCA4 e GFDL-ESM2M-RCA4 que participam do projeto CORDEX (1961-1990) versus a média anual climatológica observada (1961-1990) do INMET.

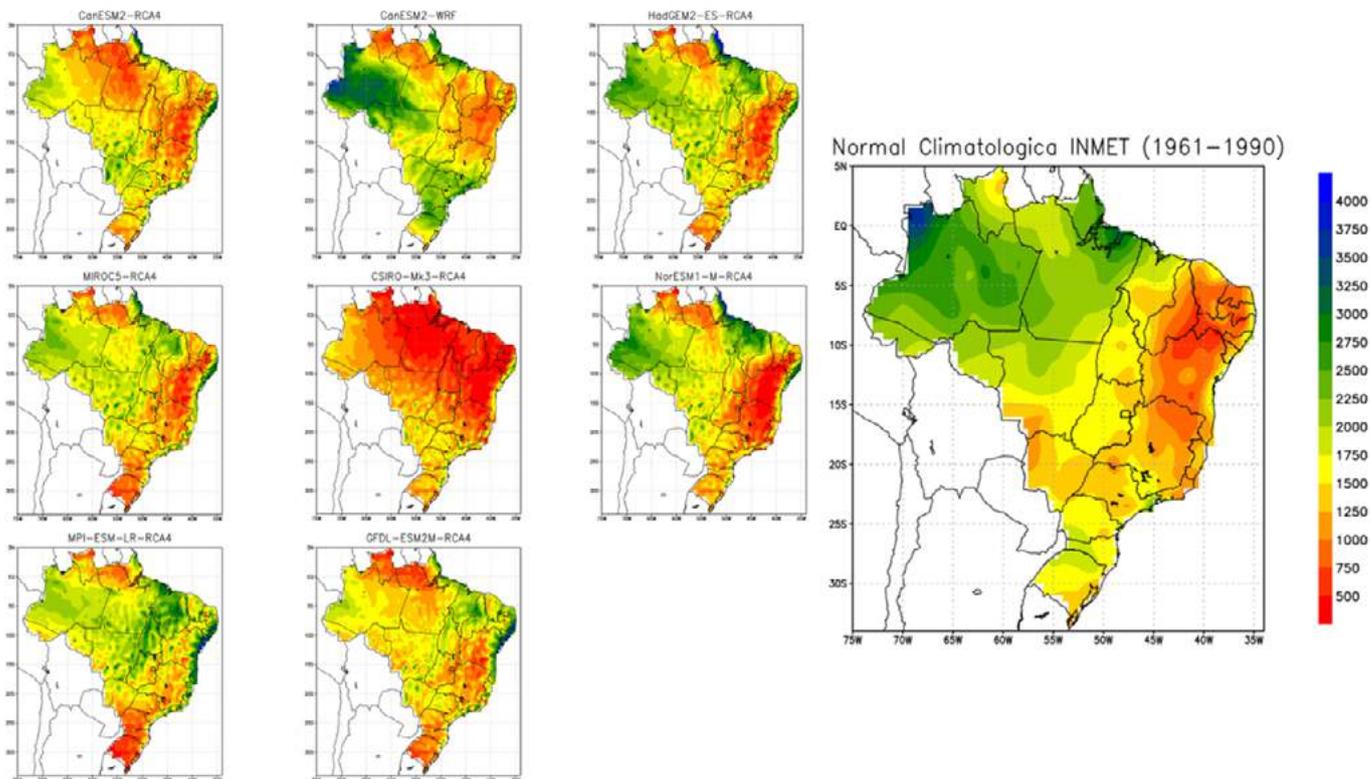
Na Figura 73 abaixo, observa-se a precipitação média anual para os oito modelos citados acima e a média do conjunto dos modelos selecionados. Desse modo, foi possível identificar que os modelos CanESM2-WRF e CSIRO-Mk3-RCA4 apresentam comportamento espacial diferentes em relação ao dado observado. O Modelo CanESM2-WRF apresentou uma superestimativa da precipitação na região oeste da Amazônia. O modelo CSIRO-Mk3-RCA4, apesar de apresentar valores parecidos na região Nordeste, subestimou a precipitação para toda a região Norte do Brasil. Desta forma, os modelos CanESM2-WRF e CSIRO-Mk3-RCA4 foram excluídos para não comprometer a qualidade da análise.

6. É um programa patrocinado pelo Programa Mundial de Pesquisa do Clima (WCRP) para desenvolver uma estrutura aprimorada para gerar projeções climáticas em escala regional para avaliação de impacto e estudos de adaptação em todo o mundo dentro do cronograma AR5 do IPCC.

7. Modelo regional sueco Rossby Centre regional atmospheric model (RCA4) ROSSBY CENTRE. Rossby Centre regional atmospheric model, RCA4. Disponível em: <<https://www.smhi.se/en/research/research-departments/climate-research-rossby-centre2-552/rossby-centre-regional-atmospheric-model-rca4-1.16562>>. Acesso em: 13 Abr. 2021.

8. O modelo WRF (Weather Research and Forecasting) é um modelo numérico de área limitada de previsão do tempo, fornecido pelo National Center for Atmospheric Research, que é amplamente utilizado em pesquisa e operação. É usado como modelo numérico de previsão do tempo e modelo climático regional. MMM WEBMASTER. WRF Model Users Site. Ucar.edu. Disponível em: <<https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/>>. Acesso em: 13 Abr. 2021.

Figura 73: Precipitação média anual dos modelos do projeto CORDEX (1961–1990).



Portanto, os modelos regionais que fizeram parte do *multi-ensemble* são: CanESM2-RCA4, HadGEM2-ES-RCA4, MIROC5-RCA, NorESM1-M-RCA4, MPI-ESM-LR-RCA4 e GFDL-ESM2M-RCA4 (Tabela 25).

Tabela 25: Modelos climáticos utilizados e os respectivos centros de desenvolvimento.

MODELO CLIMÁTICO GLOBAL	MODELO CLIMÁTICO REGIONAL	CENTRO
CanESM2	RCA4	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis
HadGEM2-ES	RCA4	United Kingdom Met Office
MIROC5	RCA4	University of Tokyo/Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology/National Institute for Environmental Studies
NorESM1-M	RCA4	Norwegian Climate Centre
MPI-ESM-LR	RCA4	Max Planck Institute for Meteorology
GFDL-ESM2M	RCA4	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory

Para avaliar a distribuição dos dados do conjunto de modelos, foram realizados testes estatísticos, como Kolmogorov-Smirnov, que indica a normalidade da distribuição dos dados. Quando o p-value é estatisticamente significativo ($p \leq 0.05$), os dados não apresentam distribuição normal, com 5% de probabilidade de que a hipótese de não normalidade esteja incorreta. A partir desse resultado, também foi realizado o teste de correlação de Spearman, que avalia a intensidade de relação entre os dados simulados versus observacionais. Além disso, foram aplicados testes que verificam erros, como o *Root Mean Square Deviation* (RSME), que tem como objetivo verificar quão bom o resultado do modelo climático é sobre os dados observacionais, ou seja, quanto menor

o RMSE, melhor a maneira como o modelo se comporta, e *Mean Absolut Error* (MAE), que representa o desvio médio entre o dado observacional e o simulado. Por fim também foi realizado uma medida de dispersão, conhecida como Desvio Padrão, a qual informa o quanto o conjunto analisado é homogêneo, ou seja, quando se obtém um desvio baixo, conclui-se que os dados analisados estão mais próximos da média. Essas avaliações e validações foram realizadas para cada porto e os resultados mostraram que os dados modelados e observacional apresentam uma diferença significativa com correlação fraca para a maioria dos portos (APÊNDICE I). Portanto, através dessa validação, optou-se por adotar a abordagem *Delta Change Factor* para obter uma análise mais realista e consistente. Este método está detalhado na Seção 3.4.4.

3.4.2 :: Indicadores

Para obter os indicadores de tempestade e vendaval, foram calculados três índices de extremos climáticos definidos pelo *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI), sendo eles: precipitação máxima anual em um dia (RX1day), porcentagem de dias em que a precipitação excedeu o 99 percentil⁶ (R99p) e porcentagem de dias em que a velocidade máxima do vento é igual ou superior a 90 percentil (Wx90p). Esses índices derivam das variáveis dos modelos climáticos selecionados: precipitação e velocidade máxima do vento a 10 metros. Tais dados foram utilizados para representar as ameaças de tempestade e vendaval. Após o cálculo dos índices extremos climáticos para os dados observacionais e cada modelo climático, foi realizada a média dos resultados do conjunto de modelos utilizados (multi-model ensemble). Para o indicador de aumento do nível do mar, a ameaça foi estimada a partir do modelo de elevação digital "*CoastalDEM*".

3.4.2.1 :: Tempestades

Em relação as tempestades, tem-se que a sua ocorrência depende de uma combinação de diversas variáveis climáticas, como pressão, temperatura, umidade relativa do ar, precipitação, dentre outras. De acordo com o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), as tempestades são caracterizadas por uma intensa e por vezes prolongada chuva, acompanhada de ventos fortes, granizo, trovões e relâmpagos, não havendo a necessidade de todos estes elementos estarem presentes (CNPQ/CPTEC/INPE, 2018). O Centro ainda aponta que o excesso de chuvas é o principal componente da tempestade. Assim, ressalta-se que na presente análise considerou-se como tempestades os eventos extremos de chuva, ou seja, apenas as variáveis que refletem o volume de precipitação.

Como os desastres estão associadas àquelas precipitações de maior magnitude e que acontecem em um curto período, para a composição do indicador de tempestade, foram utilizados os indicadores Rx1day (que representa o maior volume anual de precipitação em um dia) e R99p (que representa a porcentagem de dias no ano em que a precipitação ficou acima do percentil 99 em relação ao período base (1986-2005)). Esses índices foram padronizados de 0 a 1 independentemente (conforme Subseção 2.4.5), somados e divididos por 2. Portanto o cálculo da ameaça de tempestade é dado pela Equação 3⁹ abaixo:

9. Importante ressaltar que não existe uma referência para a equação na literatura. A seleção das variáveis foi feita em reunião de trabalho entre a equipe da WayCarbon, INPE e GIZ. Foram considerados para a equação índices de eventos climáticos que melhor representam extremos de precipitação. O acréscimo da divisão no índice ocorre, pois os indicadores apresentam unidades de medidas diferentes, assim foi realizado a padronização separadamente para cada índice e, em seguida, a média.

$$\text{Indicador de Tempestade} = \frac{RX1day + R99p}{2} \quad [3]$$

Para comparação entre o período histórico e os cenários futuros (RCP 4.5 ou RCP 8.5), também foi realizada padronização dos valores entre 0 e 1, sendo que o valor 1 representa a maior probabilidade de ocorrer a ameaça climática e valor 0 representa a menor probabilidade de ocorrência da ameaça climática. Como regra geral os resultados são apresentados em cinco quartis, classificados em: (1) Muito Baixa para valores entre 0 a 0,2; (2) Baixa para valores entre 0,2 e 0,4; (3) Média para valores entre 0,4 e 0,6; (4) Alta para valores entre 0,6 e 0,8; (5) Muito Alta para valores entre 0,8 e 1.

3.4.2.2 :: Vendavais

Os vendavais são caracterizados por ventos fortes que podem danificar a infraestrutura dos portos e paralisar a operação. No presente estudo, o indicador de ameaça de vendaval, $Wx90p$, consiste no cálculo da porcentagem de dias em que a velocidade máxima do vento é superior a 90 percentil, sendo eles padronizados de 0 a 1, no qual o valor 1 representa a maior probabilidade de ocorrer a ameaça e 0 representa baixa probabilidade de ocorrer a ameaça. Desta forma, o cálculo da ameaça de vendaval é observado na Equação 4:

$$\text{Indicador de Vendaval} = Wx90p \quad [4]$$

A mesma metodologia de comparação entre os cenários aplicada na ameaça de tempestade foi aplicada na ameaça de vendavais. Igualmente, os resultados são apresentados em cinco quartis, classificados em: (1) Muito Baixa para valores entre 0 e 0,2; (2) Baixa para valores entre 0,2 e 0,4; (3) Média para valores entre 0,4 e 0,6; (4) Alta para valores entre 0,6 e 0,8; (5) Muito Alta para valores entre 0,8 e 1.

3.4.2.3 :: Aumento do nível do mar

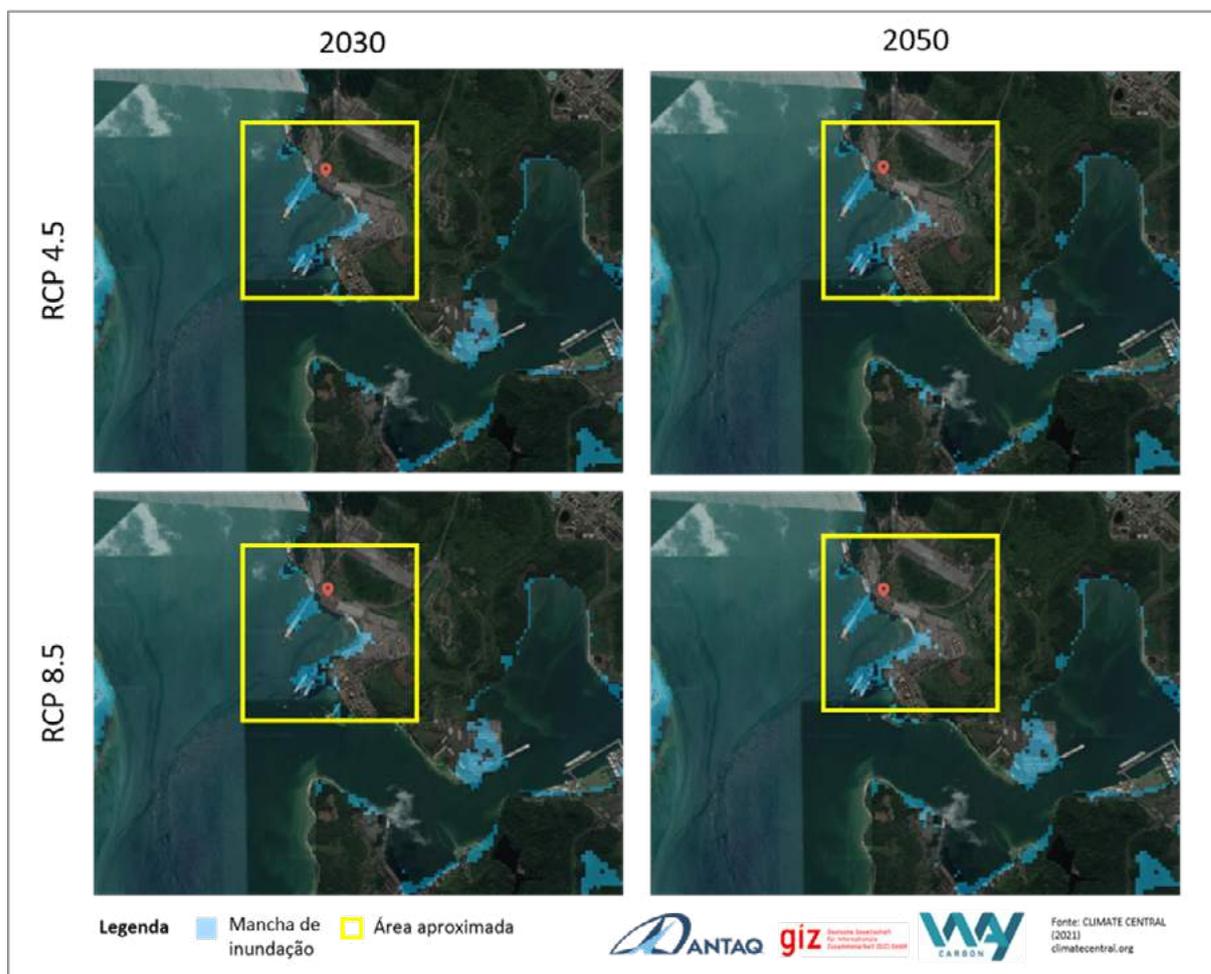
O aumento do nível do mar variará para cada região de acordo com os padrões de circulação oceânica, efeitos gravitacionais, subsidência da terra e outros fatores. Nos casos extremos poderá ser necessária a realocação de instalações portuárias ou até mesmo de cidades portuárias. Entretanto, apesar do potencial impacto negativo de tal ameaça climática, dadas as incertezas nos modelos científicos, os portos ainda não consideram plenamente esses impactos nas suas próprias operações (BECKER *et al.*, 2012).

Diferentemente de como foi realizado para as ameaças climáticas de tempestades e vendavais, o cálculo do indicador de aumento do nível do mar foi estimado a partir do modelo de elevação digital "CoastalDEM", elaborado por geocientistas a partir de uma revisão crítica dos dados do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*, do Governo Federal dos Estados Unidos da América). Em resumo, os dados são extraídos de um método avançado de identificação de distorções na base do SRTM, no qual, por meio de um modelo computacional, prevê-se o erro contido em cada pixel da base a partir de inferências de outras fontes que são usadas como camadas cartográficas.

O modelo de elevação digital “CoastalDEM” é utilizado para a análise global de risco costeiro, a qual é disponibilizada pela plataforma *Climate Central*. A disponibilização dessa análise é realizada por meio de um mapa interativo¹⁰, o qual permite identificar as áreas ao redor do mundo que estão e estarão ameaçadas pelo aumento do nível do mar e inundações costeiras. Para o presente projeto foram realizadas algumas seleções, viabilizadas pela plataforma, para realizar a análise de risco de aumento do nível do mar especificamente nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 e para os períodos de 2030 e 2050.

De forma geral, a análise partiu da avaliação se haverá ou não uma mancha de inundação¹¹ na área (polígono) em que o porto se localiza (APÊNDICE II). Nos casos em que foi possível observar a ocorrência de mancha de inundação na área poligonal, adotou-se o valor 1 para o indicador de ameaça, e nos casos em que não foi possível observar a mancha de inundação, adotou-se o valor 0. Assim, o indicador da ameaça climática de inundação foi tratado como um indicador binário (Figura 74).

Figura 74: Exemplificação da análise do indicador de aumento do nível do mar.



¹⁰. Disponível em: <https://coastal.climatecentral.org/map/>

¹¹. A mancha de inundação representa a projeção local do nível do mar somada à altura de uma inundação anual nos locais analisados. Essa inundação anual significa que, uma vez por ano, em média, ocorre uma inundação que excede o nível do mar.

3.4.3 :: Análise de Tendência

Para cada índice de extremo climático (RX1Day, R99p e Wx90p), foram utilizados dois testes estatísticos, *Mann-Kendall* (MANN, 1945; KENDALL, 1975) e *Sen's Slope* (SEN, 1968). Por meio do teste de *Mann-Kendall* é possível avaliar se existe tendência em uma série temporal através da análise de *p-value*. Caso este valor seja menor ou igual a 0,05 ($p \leq 0.05$), é identificado que há tendência estatisticamente significativa, e se for acima de 0,05, pode-se determinar que não há tendência. Além disso, a estimativa do teste de *Mann-Kendall* verifica se os valores da série temporal tendem a aumentar ou diminuir com o passar do tempo, ou seja, valores maiores que zero indicam tendência positiva, e valores menores que zero tendência negativa. Destaca-se que valores próximos a zero indicam que não há tendência. Por sua vez, o teste de *Sen's Slope* foi utilizado para complementar os resultados, visto que é um teste mais robusto utilizado em análises de séries temporais com sazonalidade e responsável por estimar a magnitude da tendência, isto é, o quanto aumenta ou diminui.

3.4.4 :: Cenários de Mudança do Clima

Como demonstrado na Subseção 2.4.1.2, os dados do ensemble no período histórico não representam de forma satisfatória os dados observacionais. No entanto, assume-se que os modelos reproduzem bem as diferenças entre o futuro e o histórico. Portanto, para os índices extremos de tempestades (RX1 day e R99p) e de vendavais (Wx90p), foi aplicado o método denominado *Delta Change Factor* (ANANDHI *et al.*, 2011; RUELLAND *et al.*, 2012), considerado apropriado para a avaliação do impacto de mudança do clima local (TRAMBLAY *et al.*, 2013). Este método estima cenários de mudança do clima, considerando a diferença (delta) entre o período histórico e projetado (RCPs) do ensemble, a qual é somada aos dados observacionais (baseline). Neste caso a baseline é o real observacional, e não o histórico dos modelos. A metodologia considera a formulação matemática aditiva da seguinte forma (Equação 5):

$$\text{CMC} = \text{OBS} + (\text{RCP} - \text{HIST}) \quad [5]$$

Em que:

CMC: Cenário de Mudança do Clima;

OBS: É o índice extremo calculado a partir dos dados observacionais (1986-2005);

RCP: É o índice extremo calculado a partir dos modelos utilizados considerando o RCP 4.5 e RCP 8.5 (2021-2040/2041-2060);

HIST: É o índice extremo calculado a partir do histórico dos modelos utilizados (1986-2005).

A utilização do método *Delta Change Factor* contribui para um nível maior de confiabilidade no cálculo de ameaças, proporcionando análises mais realistas, além de apresentar como vantagens a facilidade e velocidade de aplicação e o ajuste dos dados locais conforme os cenários de mudança do clima sugeridos pelos RCM's (ANANDHI *et al.*, 2011). Sendo assim, utilizar os dados observacionais como baseline torna mais representativo para o cenário histórico do que usar os dados gerados pelos modelos do período histórico. É importante salientar que, embora se reconheça as limitações do método, esta abordagem é utilizada em vários estudos de avaliação

da mudança do clima (MEARNS, *et al.*, 2001; SEMADENI-DAVIES, 2004; SEMADENI-DAVIES *et al.*, 2008; GEORGE, 2010) e programas mundiais, como o US *Global Change Research Program*¹².

3.4.5 :: Padronização

A padronização dos extremos climáticos foi realizada com o objetivo de se obter valores entre zero e um, em que 0 representa a melhor situação e 1 a pior. O método para a padronização foi validado por especialistas da Antaq de modo a minimizar distorções relativas. A partir do conjunto de valores de extremos climáticos (RX1day, R99p e Wx90p) extraídos para cada porto, provenientes dos ensembles climáticos, obteve-se cinco séries (dados observacionais, 2030 – RCP4.5, 2050 – RCP4.5, 2030 – RCP 8.5, 2050 – RCP8.5) das quais os valores foram trazidos à mesma escala, em termos de desvios padrão, conforme a Tabela 26 e equações a seguir:

Tabela 26: Escala para padronização dos dados.

EXTREMO CLIMÁTICO	OBS (1986–2005)	RCP4.5		RCP8.5	
		2030	2050	2030	2050
Angra dos Reis	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	$x_{1,3}$	$x_{1,4}$	$x_{1,5}$
Aratu-Candeias	$x_{2,1}$	$x_{2,2}$	$x_{2,3}$	$x_{2,4}$	$x_{2,5}$
...	$x_{3,1}$				$x_{(m,n)}$

Após a padronização cada $x_{i,j}$ recebe o valor pela Equação 6:

$$x_{pad_{i,j}} = \frac{x_{i,j}}{\sqrt{\frac{\sum_{i,j}^{n,m} (x_{i,j} - \bar{x})^2}{n*m-1}}} \quad [6]$$

Em que:

n: É o número de cenários (5 no total);

m: É o número de portos (21 no total).

Em seguida todos os x_{pad} foram divididos pelo valor máximo do extremo, de modo a obter-se os valores padronizados entre 0 e 1 (Equação 7):

$$x_{pad_{i,j}} = \frac{x_{pad_{i,j}}}{\max(x_{pad})} \quad [7]$$

¹² Maiores informações disponíveis: <<http://www.usgcrp.gov/usgcrp/nacc/default.htm>>.

3.5 :: Exposição

De acordo com o IPCC (2014), a exposição envolve a presença de pessoas, formas de subsistência, espécies ou ecossistemas, funções ambientais, serviços, recursos, infraestrutura ou ativos econômicos, sociais ou culturais em locais e ambientes que podem ser adversamente afetados.

Ao considerar o setor portuário, optou-se como indicadores o “número de infraestruturas existentes” e a “movimentação anual de carga” para a representar o nível de exposição dos 21 portos selecionados. Esses indicadores foram estimados a partir de dados disponíveis na bibliografia e em dados fornecidos pelos portos por meio de questionário eletrônico enviado.

Ressalta-se que, apesar da importância de se considerar o número de pessoas no cálculo da exposição, essa variável não foi utilizada devido à dificuldade em se obter com exatidão o número de pessoas que circulam nos portos diariamente.

Dessa maneira, os indicadores “número de infraestruturas” e “movimentação de carga anual” foram inseridos no cálculo do indicador de exposição da seguinte forma (Equação 8):

$$\text{Exposição} = \text{Média} (\text{Indicador}_{NI}, \text{Indicador}_{MC}) \quad [8]$$

Em que:

NI: Representa o indicador “número de infraestruturas”;

MC: É o indicador “movimentação de carga anual”.

Os valores do indicador de exposição variam de 0 a 1, de acordo com as seguintes classes: muito baixa, baixa, média, alta, muito alta (Tabela 27). Assim, quanto mais próximo de 0, menor é a exposição do porto frente a uma determinada ameaça climática, e quanto mais próximo de 1, maior é a exposição.

Tabela 27: Escala do Indicador de Exposição

FAIXA	CLASSE
$0 \leq a < 0,2$	Muito Baixo
$0,2 \leq a < 0,4$	Baixo
$0,4 \leq a < 0,6$	Médio
$0,6 \leq a < 0,8$	Alto
$0,8 \leq a \leq 1$	Muito Alto

3.5.1 :: Número de Infraestruturas Portuárias

O número de infraestruturas existentes foi obtido através dos Planos Mestres, documentos que apresentam elementos, ferramentas e alternativas para melhoria da gestão e expansão dos portos brasileiros. Reforça-se que o ano do Plano Mestre de cada porto varia entre 2017 e 2020, podendo haver variações no número total de infraestruturas ao se comparar com o ano presente. Além dis-

so, ressalta-se que foram contabilizadas apenas as infraestruturas portuárias em operação e determináveis, localizadas na poligonal do porto público, excluindo assim as seguintes infraestruturas:

- I. Infraestruturas inoperantes que, apesar de estarem expostas, não ocasionariam a paralisação da operação no caso da ocorrência de uma determinada ameaça;
- II. Infraestruturas que, até o momento da elaboração do documento, não estavam operando, classificadas como “em fase de pré-operação”;
- III. Infraestruturas que estavam paralisadas devido a reformas;
- IV. Infraestruturas existentes que não foram apontadas a quantidade

Vale reforçar que a análise da presença de infraestruturas foi associada à concretização de cada uma das ameaças climáticas consideradas: tempestades, vendavais e aumento do nível do mar. Para isso, levou-se em conta a localização geográfica, ou seja, se as infraestruturas portuárias estão localizadas em ambientes que podem ser adversamente afetados pelas ameaças climáticas analisadas. Assim, para análise da exposição às tempestades considerou-se as infraestruturas: obras de abrigo, equipamentos de movimentação de carga, instalações de armazenagem e infraestruturas de acostagem. Para vendavais, analisou-se apenas as instalações de armazenagem e os equipamentos de movimentação de carga. Por último, para o aumento do nível do mar considerou-se obras de abrigo, instalações de armazenagem e infraestruturas de acostagem (Tabela 28) (APÊNDICE IV).

Tabela 28: Infraestruturas portuárias analisadas para cada ameaça climática

	INFRAESTRUTURAS PORTUÁRIAS			
	Obras de Abrigo	Equipamentos de movimentação de carga	Instalação de Armazenagem	Infraestrutura de Acostagem
Tempestade	✓	✓	✓	✓
Vendaval		✓	✓	
Aumento do Nível do Mar	✓		✓	✓

Após a contabilização das infraestruturas portuárias aplicou-se a fórmula logarítmica na base 10, e, posteriormente a fórmula de padronização, para obter-se o valor do indicador (Equações 9 e 10). A função logarítmica foi aplicada com o intuito de compatibilizar os valores com múltiplas ordens de grandeza referentes aos números de infraestrutura. Já a padronização das variáveis foi realizada com o objetivo de se obter valores entre zero e um, onde zero representa a melhor situação e 1 a pior.

O método de padronização foi definido por especialistas da GIZ, Antaq, INPE, em reunião de trabalho com o apoio da WayCarbon, de modo a minimizar distorções relativas.

$$y = \text{Log}_{10}(x) \quad [9]$$

Em que x representa o número de infraestruturas portuárias.

$$\text{Indicador padronizado} = \frac{\frac{y}{\sigma}}{\text{máx}\left(\frac{y}{\sigma}\right)} \quad [10]$$

Em que y representa o número de infraestruturas portuárias após aplicação da fórmula logarítmica na base 10, e " σ " o desvio padrão da amostra.

A partir dos dados padronizados, foram classificados e comparados os 21 portos analisados.

3.5.2 :: Movimentação de Carga Anual

O indicador "movimentação de carga anual" foi selecionado assumindo como pressuposto que os portos que movimentam mais cargas possuem mais bens econômicos expostos, e, por conseguinte, um maior nível de exposição. A movimentação de carga anual, em toneladas, dos portos foi obtida por meio da média dos dados fornecidos pelo Anuário da Antaq entre os anos de 2018, 2019 e 2020 (APÊNDICE V).

Igualmente ao indicador "número de infraestruturas", aplicou-se a fórmula logarítmica na base 10, e a padronização dos dados (Ver equações 9 e 10).

3.6 :: Vulnerabilidade

A vulnerabilidade pode ser compreendida como a propensão ou predisposição para ser afetado negativamente, sendo obtida em função da sensibilidade ou suscetibilidade a danos e da capacidade de adaptação, de outro modo, a falta de capacidade para lidar e adaptar-se (IPCC, 2014). Logo, para obtenção do nível de vulnerabilidade dos 21 portos públicos analisados, utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Vulnerabilidade} = \text{Sensibilidade} \times (1 - \text{Capacidade adaptativa}) \quad [11]$$

Nota-se que quanto maior a capacidade adaptativa aos eventos associados à mudança do clima, menor será a sua vulnerabilidade. Assim, reforça-se que o investimento em medidas de adaptação torna o setor portuário mais resiliente às mudanças do clima.

Os valores do indicador de vulnerabilidade variam de 0 a 1, de acordo com as seguintes classes: muito baixa, baixa, média, alta, muito alta (Tabela 29). A partir disso, tem-se que os valores mais próximo de 1 indicam uma maior vulnerabilidade frente a uma determinada ameaça climática.

Tabela 29: Escala do indicador de vulnerabilidade

FAIXA	CLASSE
$0 \leq a < 0,2$	Muito Baixo
$0,2 \leq a < 0,4$	Baixo
$0,4 \leq a < 0,6$	Médio
$0,6 \leq a < 0,8$	Alto
$0,8 \leq a \leq 1$	Muito Alto

3.6.1 :: Sensibilidade

A sensibilidade ou suscetibilidade representa o nível em que um sistema pode ser afetado pela variabilidade climática (IPCC, 2007). Ela pode ser medida por meio de indicadores socioeconômicos, demográficos, ambientais e infraestruturais que representam uma aproximação da sensibilidade de um determinado sistema frente aos fenômenos climáticos, evidenciando características que o tornam mais ou menos sensível a esses fenômenos.

No presente estudo, optou-se pela utilização dos indicadores infraestruturais e ambientais, com o objetivo de identificar quais características tornam a operação portuária mais predisposta a impactos devido à ocorrência de uma ameaça climática extrema.

Destaca-se que o nível de sensibilidade varia de acordo com a ameaça analisada. Isso porque as propriedades intrínsecas à operação portuária que fazem com que ocorra a sua paralisação devido às tempestades não necessariamente são as mesmas que poderiam causar a interrupção devido aos vendavais. Por exemplo, uma tempestade pode paralisar a operação de movimentação de carga vegetal de um porto, e não ter o potencial de prejudicar a movimentação de carga geral como um vendaval teria.

A Tabela 30 a seguir apresenta os indicadores que foram utilizados nas três ameaças climáticas analisadas. Nota-se que apenas o indicador definido como “tipo de carga movimentada” não foi utilizado para ameaça de aumento do nível do mar, uma vez que não se obteve dados que fundamentassem o quão sensível uma carga pode ser em relação ao aumento do nível do mar.

Tabela 30: Indicadores utilizados para análise de sensibilidade às ameaças selecionadas

	Tipo de carga movimentada	Condição área abrigada	Tipo de porto
Tempestade	✓	✓	✓
Vendaval	✓	✓	✓
AMN		✓	✓

Como exposto acima, foram examinados, com exceção do aumento do nível do mar, três indicadores para a avaliação da sensibilidade dos portos em relação às ameaças analisadas: I) condição da área abrigada; II) tipo de porto e III) tipo de carga movimentada. Tais indicadores foram trabalhados separadamente e em seguida realizada a média entre eles para, assim, obter-se o nível de sensibilidade dos portos (Equação 12). O indicador varia de 0 a 1, em que quanto mais próximo de 1, maior a sensibilidade do porto frente a uma determinada ameaça climática.

$$\text{Sensibilidade} = \text{Média} (\text{Indicador}_{TC}, \text{Indicador}_{CA}, \text{Indicador}_{TP}) \quad [12]$$

Em que:

TC: Representa o indicador “tipo de carga movimentada”;

CA: Reflete o indicador “condição da área abrigada”;

TP: Representa o indicador “tipo de porto”.

Nas seções seguintes serão explicadas, em detalhes, as ponderações realizadas para obtenção do nível de sensibilidade frente a cada uma das ameaças climáticas analisadas.

3.6.1.1 :: Condição da Área Abrigada

A condição da área abrigada foi utilizada para estimar a integridade estrutural da área abrigada dos portos. Assim, utilizou-se o pressuposto de que a partir da classificação da área abrigada dos portos é possível compreender se essa área cumpre a função para a qual ela foi planejada, que consiste em proteger as operações portuárias dos ventos, mar e ondulação (NGA, 2019).

Os dados referentes à condição de área abrigada de cada um dos 21 portos públicos analisados foram obtidos por meio do *World Port Index* (WPI) da Agência Nacional de Informação Geoespacial (do inglês *National Geospatial-Intelligence Agency*, NGA), o qual reúne uma série de informações referentes a localização, características físicas e serviços oferecidos pelos principais portos e terminais mundiais (NGA, 2021). Em geral, o WPI classifica os portos em cinco classes: muito boa, boa, média, ruim e não possui. A classe “não possui” é utilizada, no WPI, para os portos que não possuem área abrigada. Entretanto, nenhum dos portos públicos brasileiros analisados se enquadram nessa classificação. Além disso, faz-se importante ressaltar que o WPI não classificou a condição da área abrigada dos portos de Itaguaí e Fortaleza, sendo necessário o apoio de um especialista do setor portuário brasileiro para o enquadramento desses portos entre as classes.

Posteriormente ao levantamento da condição abrigada de cada porto analisado, foi efetuada uma atribuição de valores para as classes apontadas, resultando no seguinte: 0,2 - muito boa; 0,4 - boa; 0,6 - média; 0,8 - ruim; 1 - não possui. Evidencia-se que quanto melhor a condição da área abrigada, menos paralisações das operações ocorrerão. A Tabela 31 a seguir apresenta a condição da área abrigada dos portos públicos analisados:

Tabela 31: Condição da área abrigada dos 21 portos públicos analisados

PORTO	CONDIÇÃO DA ÁREA ABRIGADA
Angra dos Reis	Boa
Aratu-Candeias	Média
Cabedelo	Média
Fortaleza	Ruim
Ilhéus	Média
Imbituba	Ruim
Itaguaí	Boa
Itajaí	Boa
Itaqui	Boa
Natal	Boa
Niterói	Muito boa
Paranaguá	Boa
Recife	Média
Rio de Janeiro	Muito boa
Rio Grande	Boa
Salvador	Boa
Santos	Boa
São Francisco do Sul	Ruim
São Sebastião	Ruim
SUAPE	Boa
Vitória	Muito boa

Diferentemente dos outros indicadores selecionados na análise da sensibilidade, o indicador “condição da área abrigada” não variou entre as ameaças analisadas. Isso porque, além do WPI não fornecer subsídios para essa análise discriminada, a avaliação de como a condição da área abrigada interfere nos impactos adversos gerados pelas alterações climáticas envolve modelos matemáticos e modelos físicos de hidráulica marítima que requerem estudos e análises específicas. A título de exemplo, para os portos artificialmente abrigados seria necessário analisar a integridade atual das estruturas portuárias para atracação das embarcações em segurança, compreendendo o quanto essas infraestruturas estão realizando o seu papel fim. Enquanto para os portos naturalmente abrigados por um rio, lagoa, ilha e baía, seria necessário analisar se a condição atual desses ambientes garante a segurança das embarcações, e, conseqüentemente a regularidade das condições de operação.

3.6.1.2 :: Tipo de Porto

Os portos e as demais instalações portuárias são condicionados por uma série de fatores para exercerem a sua função como estruturas para trânsito de cargas que atuam como interface entre os transportes marítimo e terrestre, realizando a ligação inter e intracontinental. Uma dessas condições é a necessidade de águas tranquilas, as quais proporcionam a realização segura do transbordo e outros serviços relacionados à carga e à embarcação. Dessa forma, os portos estão localizados em áreas naturalmente abrigadas por baía, estuários, rios e lagoas, ou em ambientes

que devem ser construídos estruturas de abrigo, como no caso dos que estão localizados em mar aberto (Antaq, 2021).

Segundo BRASIL (2006), o porto natural ou geográfico, aqui denominado como naturalmente abrigado, consiste no conjunto formado de água e terra, o qual reúne condições para embarque e desembarque de pessoas e bens. Já os portos artificiais são aqueles que dependem da interferência pública ou privada, para a realização de obras de aparelhamento com o intuito de permitir a melhor utilização das águas e da terra contígua.

Os portos, por necessidade, estão localizados em ambientes sensíveis e de alto risco frente às alterações da mudança do clima (BECKER *et al.*, 2015). Assim, ao analisar a sensibilidade dos portos artificialmente e naturalmente abrigados frente às ameaças climáticas analisadas, buscou-se compreender como essas diferentes tipologias podem influenciar no aumento ou na redução dessa sensibilidade inerente à localização do setor portuário.

Izaguirre *et al.* (2021) em seu estudo “*Climate change risk to global port operations*” trabalha o elemento tipo de porto, retirado do WPI, como um fator da exposição. Entretanto, apesar do presente trabalho se basear no estudo para o desenvolvimento do indicador “tipo de porto”, esse indicador será aqui tratado como um fator de sensibilidade, visto que ele é entendido como uma característica inerente a própria estrutura do porto.

Na mesma linha de Izaguirre *et al.* (2021), o presente projeto utilizou-se a tipologia apresentada pelo WPI, o qual basicamente categoriza os portos brasileiros da costa brasileira em naturalmente abrigados e artificialmente abrigados. Entretanto, como essa categorização é realizada a nível global e não considera as características peculiares dos portos brasileiros, foi necessário realizar um ajuste por meio de uma análise espacial e técnica (consulta com especialistas) a fim de se obter uma classificação que melhor representasse a realidade local.

Destaca-se que determinados portos podem ser enquadrados em mais de um tipo, por exemplo, em artificialmente abrigado e naturalmente abrigado, como é o caso do Porto de Salvador. Nesses casos, os portos foram classificados de acordo com a característica mais marcante, levando em consideração o que poderia torná-los mais ou menos sensíveis às ameaças climáticas analisadas. Além disso, realizou-se a validação da classificação com os representantes do porto, garantindo-se assim adequação à realidade empírica.

Por fim, a partir do exposto por WPI (NGA,2019) e dos ajustes realizados, os 21 portos brasileiros foram classificados, de acordo com sua área abrigada, em:

- **Naturalmente abrigado por uma ilha/baía:** portos costeiros localizados dentro de uma baía ou perto de uma ilha;
- **Naturalmente abrigado por um rio/lagoa:** portos costeiros localizados dentro de um rio ou uma lagoa;
- **Artificialmente abrigado:** portos localizados atrás de um quebra-mar construído pelo homem para fornecer abrigo, ou para complementar o abrigo inadequado já fornecido por fontes naturais.

A Tabela 32 abaixo apresenta a classificação dos 21 portos analisados segundo NGA (2019), bem como a reclassificação após os ajustes e validação.

Tabela 32: Classificação dos portos por tipo de área abrigada

PORTO	CLASSIFICAÇÃO WPI	RECLASSIFICAÇÃO
Angra dos Reis	<i>Coastal Natural</i>	Abrigado naturalmente por uma ilha
Aratu-Candeias	<i>Open Roadstead</i>	Abrigado naturalmente por uma baía
Cabedelo	<i>River Natural</i>	Abrigado naturalmente por um rio
Fortaleza	-	Artificialmente abrigado
Ilhéus	<i>Coastal Breakwater</i>	Artificialmente abrigado
Imbituba	<i>Coastal Natural</i>	Artificialmente abrigado
Itaguaí	-	Abrigado naturalmente por uma baía
Itajaí	<i>River Natural</i>	Abrigado naturalmente por um rio
Itaquí	<i>Coastal Natural</i>	Abrigado naturalmente por uma baía
Natal	<i>River Natural</i>	Abrigado naturalmente por um rio
Niterói	<i>Coastal Natural</i>	Abrigado naturalmente por uma baía
Paranaguá	<i>Coastal Natural</i>	Abrigado naturalmente por uma baía
Recife	<i>Coastal Breakwater</i>	Artificialmente abrigado
Rio de Janeiro	<i>Coastal Natural</i>	Abrigado naturalmente por uma baía
Rio Grande	<i>River Natural</i>	Abrigado naturalmente por uma lagoa
Salvador	<i>Coastal Breakwater</i>	Artificialmente abrigado
Santos	<i>Coastal Natural</i>	Abrigado naturalmente por um rio
São Francisco do Sul	<i>River Natural</i>	Abrigado naturalmente por uma baía
São Sebastião	<i>Open Roadstead</i>	Abrigado naturalmente por uma ilha
SUAPE	<i>Coastal Natural</i>	Artificialmente abrigado
Vitória	<i>River Natural</i>	Abrigado naturalmente por uma baía

Fonte: Elaborado a partir de NGA (2019)

Após a reclassificação dos portos, analisou-se o nível de sensibilidade frente às tempestades, aos vendavais e ao aumento do nível do mar, de acordo com a tipologia portuária. A partir dessa análise, foram atribuídos valores de sensibilidade para os portos, resultando no seguinte: 0 - não sensível; 0,33 - baixa sensibilidade; 0,66 - média sensibilidade; 1 - alta sensibilidade. Evidencia-se que a sensibilidade dos portos varia de acordo com a ameaça observada.

Em geral, as atribuições dos níveis de sensibilidade seguiram as seguintes condições para as ameaças de tempestades, vendavais e aumento do nível do mar:

- I. **Tempestades:** Nas zonas costeiras, o aumento na tendência de tempestades mais intensas propiciará condições que elevarão o risco de eventos como enxurradas, deslizamentos de terras e inundações nessas áreas (PBMC, 2016). Assim, visto os riscos secundários aos quais os portos estão sujeitos devido ao aumento da precipitação ao analisar o nível de sensibilidade do setor portuário às tempestades, levou-se em consideração a sensibilidade do setor às inundações;
- II. **Vendavais:** As alterações na velocidade ou direção dos ventos ocasionam diferentes impactos na área costeira. Como os ventos estão relacionados com a geração de ondas e com alterações no nível do mar, o seu aumento significa mais ondas ou marés meteorológicas, causando alterações no padrão dos processos sedimentares e, consequen-

temente, no balanço sedimentar costeiro. Além disso, os ventos promovem a formação de grandes vagas em alto mar, as quais originam ondas de tamanhos anormais na orla, também conhecidas como ressacas (PBMC, 2016). Dessa forma, na mesma linha da análise do nível de sensibilidade às tempestades, a análise referente aos vendavais também considerou os riscos secundários: ressacas e aumento das ondas;

III. Aumento do Nível do Mar: O aumento do nível do mar pode gerar uma série de consequências nas áreas costeiras do Brasil. Dentre as principais, tem-se as inundações costeiras, sujeitas ao aumento na sua frequência, intensidade e magnitude (PBMC, 2016). Assim, ao avaliar o nível de sensibilidade dos portos públicos da costa brasileira ao aumento do nível do mar, considerou-se a sensibilidade às inundações costeiras como um efeito secundário, mas que também pode gerar prejuízos para os portos.

A Tabela 33 abaixo resume as considerações adotadas para a atribuição dos níveis de sensibilidade para cada um dos portos. Ressalta-se que as atribuições foram realizadas de forma comparativa. A título de exemplo, na ocorrência de um evento extremo, um porto naturalmente abrigado possui características intrínsecas que o torna mais sensível se comparado a um outro artificialmente abrigado.

Tabela 33: Nível de sensibilidade a depender da tipologia portuária e da ameaça analisada

AMEAÇA	TIPO	CLASSE	CONSIDERAÇÕES
Tempestade	Artificialmente abrigados	Baixa	Dado que estão localizados em mar aberto, onde as águas das chuvas não encontram muitas barreiras para escoar, estes portos são menos sensíveis aos efeitos secundários das chuvas, como as inundações capazes de gerar uma série de prejuízos para o setor portuário.
	Naturalmente abrigados por uma ilha/baía	Média	Esse tipo de porto possui uma sensibilidade média às tempestades, em uma posição entre os artificialmente abrigados e os naturalmente abrigados por um rio ou uma lagoa. Isso porque, apesar da sua localização não ser tão abrigada se comparada aos portos localizados em um rio ou uma lagoa, onde as águas ficam mais represadas, ainda existe a possibilidade da ocorrência de uma confluência de água que pode prejudicar os portos de alguma forma.
	Naturalmente abrigados por um rio/lagoa	Alta	Estes portos estão localizados em ambientes sensíveis às tempestades, onde as águas estão mais represadas. Assim, na ocorrência de um evento extremo de precipitação, toda a água que está em torno do porto é drenada para o interior da área do porto organizado, podendo gerar inundações, e, conseqüentemente, prejuízos para os portos.

AMEAÇA	TIPO	CLASSE	CONSIDERAÇÕES
Vendaval	Artificialmente abrigados	Média	A localização desses portos em mar aberto os coloca em um nível de sensibilidade maior se comparado aos demais, visto que na ocorrência de um evento extremo de vento, esses portos não possuem proteção de uma barreira natural, podendo ser adversamente afetados mais facilmente pelos efeitos secundários, como por exemplo, pelo aumento das ondas.
	Naturalmente abrigados por uma ilha/baía	Baixa	Na ocorrência de um evento extremo de vento, os portos naturalmente abrigados por uma ilha e/ou baía podem estar mais protegidos dos efeitos secundários, como, por exemplo, o aumento das ondas no mar. Assim, conseqüentemente, terão menos prejuízos se comparado aos portos localizados em outros ambientes mais sensíveis, como os portos em mar aberto.
	Naturalmente abrigados por um rio/lagoa	Baixa	Na mesma linha dos portos naturalmente abrigados por uma ilha/baía, os portos abrigados por um rio ou em uma lagoa encontram-se em ambientes menos sensíveis aos vendavais se comparados com os artificialmente abrigados. No caso em questão, as águas estão mais represadas, e, assim, na ocorrência de um evento extremo de vento esse tipo de porto é considerado menos sensível aos efeitos secundários causados pelos vendavais.
ANM	Artificialmente abrigados	Baixa	Na ocorrência de um evento extremo de aumento do nível do mar, este tipo de porto é menos sensível se comparado aos demais. Isso porque, por estar localizado em mar aberto sem a proteção de uma barreira natural, ele pode ser adversamente afetado menos facilmente pelos efeitos secundários causados pelo aumento do nível do mar, como por exemplo, as inundações.
	Naturalmente abrigados por uma ilha/baía	Média	Localizados em uma ilha ou uma baía, onde as águas estão mais represadas, na ocorrência do aumento do nível do mar, as águas terão mais dificuldade de se distribuir ao longo da costa, e, conseqüentemente, irão causar mais inundações nessas regiões.
	Naturalmente abrigados por um rio/lagoa	Média	Na mesma linha dos portos abrigados por uma ilha/baía, estes portos encontram-se em ambientes onde as águas estão mais represadas, logo, na ocorrência do aumento do nível do mar, as águas terão mais dificuldade de se distribuir ao longo da costa, e, conseqüentemente, irão causar mais inundações nessas regiões, tornando-os mais sensíveis a essa ameaça.

3.6.1.3 :: Tipo de Carga Movimentada

O tipo de carga movimentada por um porto caracteriza as suas operações, determinando as infraestruturas e equipamentos fundamentais para o seu funcionamento. Assim, ao utilizar esse indicador, buscou-se compreender como cada tipo de carga que o porto movimenta é mais ou menos sensível frente à ocorrência de tempestades e vendavais.

De acordo com a Agência Estadual de Notícias do Estado do Paraná (2021), a natureza dos grãos não permite a sua operação no caso de ocorrência de chuvas, e até mesmo em dias com o tempo úmido. Por outro lado, a agência aponta que a operação de cargas como contêineres, de

veículos, de carga geral (com exceção de papéis e sacaria), sal e dos graneis líquidos é mantida durante as tempestades, uma vez que o contato da água da chuva com os materiais vegetais pode estragá-los. Nesse sentido, para o cálculo do tipo de carga sensível às tempestades analisou-se a porcentagem de carga vegetal entre as cargas gerais e sólidas em relação à carga total movimentada por cada porto analisado (Equação 13). Assim, parte-se do pressuposto que quanto maior a porcentagem de cargas vegetais no terminal portuário, mais susceptível ele estará ao risco de paralisações devido às tempestades.

$$\text{Indicador}_{TC} = \frac{\text{Total (CV)}}{\text{Total (CM)}} \quad [13]$$

Em que:

TC: Indica tipo de carga;

Total CV: Representa o total de carga vegetal movimentada pelos portos no período analisado;

Total CM: Indica a quantidade total de carga movimentada entre os anos de 2018 e 2020.

Em relação aos vendavais, analisou-se o tipo de carga que faz com que a operação portuária necessite da utilização de equipamentos de movimentação de cargas durante o seu carregamento e descarregamento. Isso porque, durante eventos extremos de vento, o manuseio de tais equipamentos é dificultado, e, em muitos casos, a depender da velocidade do vento, é necessária a paralisação da operação. Todas as cargas, com exceção dos graneis líquidos e gasosos que são operacionalizados por meio de tubulações e tanques fechados, demandam a utilização de equipamentos de movimentação. Desse modo, o tipo de carga sensível aos vendavais foi obtido por meio da média da movimentação de contêineres, carga geral e graneis sólidos entre os anos de 2018 e 2020 (Equação 14).

$$\text{Indicador}_{TC} = \text{Média (CC,CG,GS)} \quad [14]$$

Em que:

CC: representa as cargas conteneirizadas;

CG: indica a carga geral;

GS: expressa os graneis sólidos.

Os dados de movimentação de carga para elaboração do indicador foram extraídos do anuário estatístico da Antaq, o qual disponibiliza informações estatísticas do setor aquaviário (APÊNDICE VI).

3.6.2 CAPACIDADE ADAPTATIVA

De acordo com o IPCC (2014), a capacidade adaptativa compreende a habilidade dos sistemas, instituições, seres humanos e outros organismos de ajustar a possíveis danos, de saber aproveitar as oportunidades ou de responder às consequências. FRITZSCHE *et al.* (2014) aponta que as dimensões-chaves da capacidade adaptativa são: conhecimento, tecnologia, instituições e organizações, e economia.

O indicador de capacidade adaptativa foi desenvolvido a partir do levantamento de informações relacionadas a medidas estruturais e não estruturais (medidas de gestão) que os portos já adotam. As medidas estruturais envolvem obras de engenharia para correção e/ou prevenção de desastres. Já as medidas não estruturais visam reduzir o desastre por meio de gestão administrativa, normas, regulamentações ou programas. Assim, parte-se do pressuposto de que a adoção de tais medidas torna os portos mais preparados para enfrentar os efeitos das mudanças do clima.

Os dados das medidas estruturais e não estruturais dos 21 portos públicos analisados foram extraídos do questionário eletrônico apresentado na seção 3.3 – Levantamento de dados. Apenas uma das medidas estruturais consideradas, nomeadamente, “Existência de *Vessel Traffic Management System* (VTMS)”, foi obtida por meio de uma revisão bibliográfica, de forma a identificar quais portos já implementaram esse Sistema de Gerenciamento de Tráfego de Navios, o qual auxilia no aumento da resiliência climática dos portos. Por fim, para cada uma das ameaças analisadas foram selecionadas as medidas capazes de aumentar a capacidade adaptativa dos portos frente a elas, e, conseqüentemente reduzir a vulnerabilidade deles.

Tendo em vista que cada medida adaptativa exerce uma influência distinta no aumento da capacidade adaptativa dos portos frente a uma determinada ameaça climática, foi necessário a adoção de pesos a fim de se ponderar as medidas mais relevantes. Os pesos foram elaborados por meio da utilização do Método Delphi¹³, durante o 2º Workshop “Apresentação dos Resultados do Formulário e Definição dos Pesos dos Indicadores de Risco”, realizado no dia 26 de novembro de 2020. Nesse workshop, todos os representantes portuários presentes votaram, em uma escala de 0 a 5, quais medidas eles acreditavam ser mais relevantes para a capacidade adaptativa dos portos. Ressalta-se que todas as medidas não estruturais (medidas de gestão) foram consideradas em conjunto, recebendo, portanto, o mesmo peso.

$$\text{Capacidade Adaptativa} = \frac{\rho_1 \cdot X_1 + \rho_2 \cdot X_2 + \dots + \rho_n \cdot X_n}{\rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_n} \quad [15]$$

Em que:

ρ_n : peso

X_n : indicador referente a medida adaptativa

Após a seleção das medidas adaptativas e a adoção de pesos, utilizou-se a média ponderada para calcular a capacidade adaptativa dos portos (Equação 15). Ressalta-se que todos os indicadores foram reescalados entre 0 e 1 para serem comparáveis¹⁴.

13. O método se baseia na construção de um consenso que envolve a solicitação da opinião de diferentes profissionais com diferentes áreas de especialização sobre uma questão específica com o objetivo de hierarquização (ponderação) das variáveis.

14. Para esse processo foi necessário transformar as respostas dos representantes portuários, retiradas do questionário aplicado, sobre as medidas estruturais e não estruturais existentes nos portos em valores que variam de 0 a 1. Nas perguntas em que as respostas poderiam variar de 0 (sem necessidade) e 5 (realizada) foi dividido o valor apontado pelo porto por 5. Nas perguntas em que as respostas eram sim ou não foi adotado 1 para sim e 0 para não.

Dado que as medidas não estruturais foram analisadas em conjunto, elas devem ser consideradas na equação 15 apenas como um indicador, diferentemente das medidas estruturais que foram analisadas como mais de um indicador com diferentes pesos. Logo, previamente ao cálculo da capacidade adaptativa, foi necessário determinar um único indicador de medidas não estruturais, obtido por meio da média das medidas não estruturais consideradas em cada ameaça climática.

O cálculo do indicador da capacidade adaptativa resultou em valores de 0 a 1, os quais foram, posteriormente, classificados em: muito baixa, baixa, média, alta, muito alta. A partir dessa classificação tem-se que quanto mais próximo de 1, maior a capacidade adaptativa do porto frente a uma determinada ameaça climática.

As tabelas abaixo apresentam as medidas de capacidade adaptativa consideradas, assim como os pesos apontados pelos portos.

Tabela 34: Indicadores utilizados na elaboração do indicador de capacidade adaptativa às tempestades

MEDIDAS	INDICADORES	PESO
Não estruturais (Gestão)	Registros de impactos	0,7
	Planos de ação emergencial	0,7
	Comitê de crise	0,7
	Monitoramento Meteorológico	0,7
	Aborda mudanças climáticas no plano estratégico	0,7
	Planejamento específico para mudanças do clima	0,7
	Inclusão da adaptação no orçamento	0,7
	Atualização de diretrizes de projetos de engenharia para atender os novos padrões climáticos	0,7
	Possui seguro contra mudanças do clima	0,7
	Reuniões regulares para discutir adaptação	0,7
Estruturais	Acessos alternativos	0,5
	Existência de VTMS	0,7
	Sistema de drenagem	0,8

Tabela 35: Indicadores utilizados na elaboração do indicador de capacidade adaptativa aos vendavais

MEDIDAS	INDICADORES	PESO
Não estruturais (Gestão)	Registros de impactos	0,8
	Planos de ação emergencial	0,8
	Comitê de crise	0,8
	Monitoramento Meteorológico	0,8
	Aborda mudanças climáticas no plano estratégico	0,8
	Planejamento específico para mudanças do clima	0,8
	Inclusão da adaptação no orçamento	0,8
	Atualização de diretrizes de projetos de engenharia para atender os novos padrões climáticos	0,8
	Possui seguro contra mudanças do clima	0,8
	Reuniões regulares para discutir adaptação	0,8
	Monitoramento de rajada de vento	0,8

MEDIDAS	INDICADORES	PESO
Estruturais	Acessos alternativos	0,4
	Existência de VTMS	0,8

Tabela 36: Indicadores utilizados na elaboração do indicador de capacidade adaptativa ao aumento do nível do mar

MEDIDAS	INDICADORES	PESO
Não estruturais (Gestão)	Registros de impactos	0,8
	Planos de ação emergencial	0,8
	Comitê de crise	0,8
	Monitoramento Meteorológicos	0,8
	Aborda mudanças climáticas no plano estratégico	0,8
	Planejamento específico para mudanças do clima	0,8
	Inclusão da adaptação no orçamento	0,8
	Atualização de diretrizes de projetos de engenharia para atender os novos padrões climáticos	0,8
	Possui seguro contra mudanças do clima	0,8
	Reuniões regulares para discutir adaptação	0,8

4 :: Resultados e Análises

4.1 :: Resultados Ameaça

4.1.1 :: Análise De Tendência

A análise de tendência é uma importante avaliação utilizada para identificar mudança no comportamento de variáveis ou indicadores climáticos. Neste estudo foram utilizados os testes estatísticos de Mann-Kendall e Sen's Slope que verificam a presença de tendência e a magnitude, respectivamente. Os resultados referentes a análise de tendência são apresentados a seguir.

4.1.1.1 :: Tempestades

Os resultados de análise de tendência dos índices de extremo climático associados a tempestades, RX1day e R99p, são provenientes dos dados observacionais do CHIRPS no período de 1981 a 2020. Na Tabela 37 são observados os resultados referentes ao RX1day, o qual apresenta tendência estatisticamente significativa para os portos de Cabedelo, Imbituba, Itajaí, Rio Grande, Santos, São Francisco do Sul e São Sebastião, enquanto o restante dos portos não apresenta tendência. Nota-se que apenas o porto de Cabedelo exhibe tendência de aumento para o índice extremo, o que pode indicar maior frequência de eventos climáticos relacionados a elevados valores de precipitação neste porto.

Tabela 37: Análise de tendência do índice de extremo climático RX1day no período de 1981 a 2020

RX1day	OBSERVACIONAL (CHIRPS; 1981-2020)	
	Mann-Kendall (p-valor)	Sen's Slope
Angra dos Reis	0,861	0,175
Aratu-Candeias	0,552	0,594
Cabedelo	0,009	2,621
Fortaleza	0,898	-0,128
Ilhéus	0,916	0,105
Imbituba	0,011	-2,552
Itaguaí	0,789	0,268
Itajaí	0,003	-2,924
Itaqui	0,825	-0,221
Natal	0,370	0,897
Niterói	0,449	0,757
Paranaguá	0,666	-0,431
Recife	0,079	1,759
Rio de Janeiro	0,449	0,757
Rio Grande	0,049	-1,969
Salvador	0,213	1,247
Santos	0,049	-1,969
São Francisco do Sul	0,005	-2,785
São Sebastião	0,028	-2,202
SUAPE	0,079	1,759
Vitória	0,382	0,874

Negrito: Há tendência (estatisticamente significativa) $p\text{-value} \leq 0.05$

A Tabela 38 mostra a análise de tendência do índice de extremo climático R99p em que é possível perceber que somente os portos de Ilhéus, Natal e Rio Grande apresentam tendência de aumento.

Tabela 38: Análise de tendência do índice de extremo climático R99p no período de 1981 a 2020

R99p	OBSERVACIONAL (CHIRPS; 1981-2020)	
	Mann-Kendall (p-valor)	Sen's Slope
Angra dos Reis	0,221	1,223
Aratu-Candeias	0,568	0,571
Cabedelo	0,071	1,806
Fortaleza	0,954	0,058
Ilhéus	0,019	2,342
Imbituba	0,456	0,746
Itaguaí	0,075	1,783

R99p	OBSERVACIONAL (CHIRPS; 1981-2020)	
	Mann-Kendall (p-valor)	Sen's Slope
Itajaí	0,268	1,107
Itaqui	0,139	1,480
Natal	0,006	2,762
Niterói	0,898	0,128
Paranaguá	0,537	-0,618
Recife	0,152	1,433
Rio de Janeiro	0,898	0,128
Rio Grande	0,008	2,645
Salvador	0,139	1,480
Santos	0,075	1,783
São Francisco do Sul	0,954	-0,058
São Sebastião	0,064	1,853
SUAPE	0,435	0,781
Vitória	0,284	1,072

Negrito: Há tendência (estatisticamente significativa) $p\text{-value} \leq 0.05$

Os resultados das análises de tendência dos índices de extremo climático referente ao mesmo período de avaliação da ameaça de tempestade estão apresentados no APÊNDICE III, representados pelo período observacional (1986-2005), RCP4.5 (2021-2060) e RCP8.5 (2021-2060).

Nota-se que no RX1day, somente os portos de Natal e Recife apresentam tendência de aumento no período observacional. Em contrapartida, o RCP4.5 indica tendência para os portos de Itaqui, Niterói, Rio de Janeiro e São Sebastião, sendo apenas o primeiro com tendência de aumento. Já no RCP8.5, apenas os portos de Itaqui, Santos e São Sebastião apresentam tendência positiva.

No caso do R99p, não há tendência para nenhum dos portos no período observacional. Por sua vez, o RCP4.5 apresenta tendência de aumento para os portos de Fortaleza e Itaqui, enquanto, indica tendência de redução para o porto de Santos. No cenário RCP8.5 observa-se tendência positiva apenas para os portos de Fortaleza e Itaqui.

As análises de tendência para os índices de extremo climático demonstram divergência e somente o porto de Itaqui apresenta tendência em comum para ambos. É importante ressaltar que, os índices são complementares para realização da ameaça de tempestade.

4.1.1.2 :: Vendavais

Em relação a ameaça de vendavais, utilizou-se o índice extremo Wx90p com base nos dados do ERA-Interim de 1979 a 2014. De acordo com a Tabela 39, é possível observar tendência de aumento do Wx90p para os portos de Cabedelo, Fortaleza, Itaqui, Natal, Recife e SUAPE, portanto, esses portos podem estar mais propensos a enfrentar eventos de vento extremo.

Tabela 39: Análise de tendência do índice de extremo climático Wx90p no período de 1979 a 2014

Wx90p	OBSERVACIONAL (ERA-INTERIM; 1979-2014)	
	Mann-Kendall (p-valor)	Sen's Slope
Angra dos Reis	0,703	-0,395
Aratu-Candeias	0,120	1,567
Cabedelo	0,016	2,398
Fortaleza	0,002	3,079
Ilhéus	0,513	0,681
Imbituba	0,764	-0,286
Itaguaí	0,114	-1,581
Itajaí	0,924	0,082
Itaqui	0,001	4,211
Natal	0,006	2,738
Niterói	0,326	-1,009
Paranaguá	0,313	-0,995
Recife	0,026	2,221
Rio de Janeiro	0,326	-1,009
Rio Grande	0,383	0,886
Salvador	0,137	1,485
Santos	0,859	-0,177
São Francisco do Sul	0,989	0
São Sebastião	0,540	0,599
SUAPE	0,026	2,221
Vitória	0,091	1,689

Os resultados da análise de tendência do Wx90p referente ao mesmo período de avaliação da ameaça de vendaval, estão apresentados no APÊNDICE II, representados pelo período observacional (1986-2005), RCP4.5 (2021-2060) e RCP8.5 (2021-2060).

Na análise de tendência do Wx90p é identificado que não há tendência para nenhum dos portos no período observacional. Entretanto, o cenário RCP4.5 demonstra tendência de aumento para a maioria dos portos, com exceção de Aratu-Candeias, Imbituba, Itajaí, Paranaguá, Recife, Rio Grande, Salvador, São Francisco do Sul e SUAPE, o qual tem ausência de tendência. Nesse sentido, quando considerado o cenário RCP8.5 todos os portos apresentam tendência de aumento, exceto o porto de Rio Grande.

4.1.2 :: Cenários de Mudança do Clima

Esta seção apresenta os resultados das ameaças de tempestades, vendavais e elevação do nível do mar para os 21 portos selecionados, de acordo com testes estatísticos e premissas apresen-

tadas na seção 3.4 deste relatório. Por meio desses resultados, será possível compreender a probabilidade de ocorrência futura de tempestades, vendavais e aumento do nível do mar, isto é, se tal ameaça irá aumentar ou diminuir nos cenários de projeções climáticas em relação ao período observacional (1986 a 2005). Ressalta-se que a probabilidade deve ser entendida como uma média da intensidade das ameaças no recorte temporal do estudo (*baseline* e projetado) de acordo com os resultados dos modelos climáticos utilizados. Portanto, o valor não será uma probabilidade *stricto-sensu*, mas um índice médio que reflete a intensidade do evento climático acontecer no período de análise.

4.1.2.1 :: Tempestades

O indicador de tempestades no período observacional (1986 a 2005) mostra sob maior ameaça o porto de SUAPE, com uma probabilidade de ocorrência "MUITO ALTA" (Fig. 6). Em seguida, tem-se que quase a metade dos portos analisados apresentam probabilidade de ocorrência "ALTA" para tempestades, sendo eles: são Aratu-Candeias, Cabedelo, Ilhéus, Natal, Recife, Salvador, Santos, São Francisco do Sul, São Sebastião e Vitória.

Considerando o cenário RCP4.5, para o período de 2030, o porto de SUAPE permanece sendo o que possui a maior probabilidade da ameaça de tempestade. Os portos de Aratu-Candeias, Cabedelo, Ilhéus, Natal, Niterói, Recife, Rio de Janeiro, Salvador, Santos, São Francisco do Sul, São Sebastião e Vitória apresentam uma probabilidade de ocorrência "ALTA" para a ameaça de tempestade. Já para o período de 2050, o porto de SUAPE ainda se mantém sendo o que apresenta a maior ameaça, ainda classificada como "MUITO ALTA", e os portos classificados com uma probabilidade de ocorrência "ALTA" para o período de 2030 também se mantiveram, com exceção para de Niterói, Rio de Janeiro, e Santos que passaram para uma classificação de ameaça "MÉDIA". De forma geral, analisando o cenário RCP4.5, não houve grandes alterações nos valores comparando 2030 e 2050.

Ao analisar o cenário de maior concentração de GEE (RCP 8.5) no período projetado para 2030, observa-se que os portos de SUAPE e Recife apresentam uma probabilidade de ocorrência "MUITO ALTA" para ameaça de tempestade, enquanto os portos de Aratu-Candeias, Cabedelo, Ilhéus, Natal, Salvador, São Sebastião e Vitória apresentam uma probabilidade de ocorrência "ALTA". Para o período de 2050, a classificação "MUITO ALTA" da probabilidade da ameaça de tempestade é mantida somente para o porto de SUAPE, ao passo que, a probabilidade "ALTA" da ameaça de tempestades é projetada para os portos de Aratu-Candeias, Cabedelo, Ilhéus, Natal, Niterói, Rio de Janeiro, Salvador, Santos, São Francisco do Sul, São Sebastião e Vitória. Ressalta-se que esse resultado foi equivalente para o cenário RCP 4.5 no período de 2030. Além disso, comparando os dois períodos (2030 e 2050) para o cenário RCP8.5, observa-se que apenas os portos de Niterói, Rio de Janeiro, Santos e São Francisco do Sul sofreram alterações na classificação, a qual foi de "MÉDIA" para "ALTA".

Os resultados do indicador de ameaça às tempestades para todos os portos podem ser observados na Tabela 40:

Tabela 40: Cenário de mudança do clima para tempestade por porto

PORTO	OBSERVACIONAL	RCP 4.5		RCP 8.5	
		2030	2050	2030	2050
Angra dos Reis	0,563	0,568	0,561	0,550	0,564
Aratu-Candeias	0,778	0,783	0,777	0,765	0,765
Cabedelo	0,701	0,720	0,722	0,708	0,697
Fortaleza	0,502	0,530	0,537	0,529	0,546
Ilhéus	0,647	0,647	0,663	0,648	0,652
Imbituba	0,553	0,571	0,566	0,562	0,570
Itaguaí	0,529	0,540	0,535	0,535	0,547
Itajaí	0,567	0,574	0,567	0,561	0,569
Itaqui	0,384	0,420	0,438	0,418	0,459
Natal	0,753	0,754	0,769	0,749	0,728
Niterói	0,589	0,605	0,592	0,594	0,606
Paranaguá	0,587	0,593	0,589	0,585	0,595
Recife	0,764	0,793	0,789	0,801	0,781
Rio de Janeiro	0,589	0,605	0,592	0,594	0,606
Rio Grande	0,523	0,514	0,516	0,522	0,518
Salvador	0,778	0,782	0,778	0,768	0,771
Santos	0,604	0,614	0,600	0,598	0,616
São Francisco do Sul	0,603	0,609	0,602	0,598	0,608
São Sebastião	0,632	0,640	0,627	0,617	0,637
SUAPE	0,865	0,894	0,889	0,902	0,882
Vitória	0,616	0,620	0,609	0,608	0,609

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

4.1.2.2 :: Vendavais

Em relação ao indicador de ameaça de vendaval demonstrado na Tabela 41, para o período observacional (1986/2005) sete portos, sendo eles Cabedelo, Fortaleza, Natal, Niterói, Recife, Rio de Janeiro e Suape, apresentam probabilidade “MÉDIA” de ocorrência de vendaval. O restante dos portos indica “ALTA” probabilidade de ocorrência de vendavais.

Quando se analisa o cenário RCP4.5 para o período de 2030, todos os portos possuem probabilidade de ocorrência “ALTA” de vendavais. Já para o período de 2050, os portos de Natal e Vitória recebem a classificação de “MUITO ALTA” para a probabilidade de ocorrência de vendavais enquanto os demais continuam apresentando classificação de “ALTA”.

Para o cenário RCP8.5 considerando o período de 2030, os portos que apresentam a classificação “MUITO ALTA” para a probabilidade de ocorrência de vendaval são Itaqui e Natal. O restante dos portos indica probabilidade “ALTA” para o mesmo período. Em relação ao período de 2050, oito portos são classificados como “MUITO ALTA” para a probabilidade de ocorrência de vendaval, são eles: Aratu-Candeias, Cabedelo, Fortaleza, Ilhéus, Itaqui, Natal, Salvador e Vitória.

Destaca-se que o porto de Natal apresenta o valor máximo (1) na escala da probabilidade ocorrência de vendaval. O restante dos portos recebe a classificação “ALTA” para a probabilidade de ocorrência da ameaça climática.

Os resultados do indicador de ameaça aos vendavais para os portos podem ser observados Tabela 41:

Tabela 41: Cenário de mudança do clima para vendavais por porto

PORTO	OBSERVACIONAL	RCP 4.5		RCP 8.5	
		2030	2050	2030	2050
Angra dos Reis	0,610	0,665	0,736	0,680	0,752
Aratu-Candeias	0,623	0,726	0,753	0,773	0,909
Cabedelo	0,575	0,734	0,797	0,781	0,953
Fortaleza	0,588	0,703	0,763	0,730	0,832
Ilhéus	0,625	0,697	0,739	0,735	0,829
Imbituba	0,634	0,646	0,669	0,665	0,696
Itaguaí	0,608	0,659	0,734	0,684	0,751
Itajaí	0,628	0,649	0,658	0,661	0,681
Itaqui	0,639	0,731	0,788	0,804	0,870
Natal	0,582	0,756	0,849	0,802	1,000
Niterói	0,599	0,649	0,717	0,683	0,739
Paranaguá	0,614	0,663	0,694	0,672	0,718
Recife	0,579	0,669	0,695	0,694	0,796
Rio de Janeiro	0,600	0,648	0,716	0,682	0,738
Rio Grande	0,633	0,653	0,671	0,652	0,668
Salvador	0,626	0,714	0,736	0,754	0,874
Santos	0,620	0,656	0,711	0,673	0,724
São Francisco do Sul	0,621	0,657	0,669	0,662	0,694
São Sebastião	0,622	0,656	0,718	0,681	0,735
SUAPE	0,579	0,656	0,674	0,678	0,765
Vitória	0,618	0,712	0,806	0,764	0,849

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

4.1.2.3 :: Aumento do nível do mar

Por meio do resultado da Tabela 42, é possível observar que apenas os portos de Angra dos Reis, Niterói e Rio de Janeiro não apresentaram a ameaça de aumento do nível do mar nos cenários e períodos considerados. Isso significa que, segundo os dados extraídos do modelo de elevação digital “CoastalDEM”, para esses portos, o aumento do nível do mar não se constitui em uma ameaça climática para esses portos, sendo atribuído, portanto o valor nulo para tal ameaça. Vale ressaltar que os resultados foram baseados em modelos globais, a partir de uma avaliação qualitativa.

Tabela 42: Indicador de aumento do nível do mar

PORTO	RCP 4.5		RCP 8.5	
	2030	2050	2030	2050
Angra dos Reis	0	0	0	0
Aratu-Candeias	1	1	1	1
Cabedelo	1	1	1	1
Fortaleza	1	1	1	1
Ilhéus	1	1	1	1
Imbituba	1	1	1	1
Itaguaí	1	1	1	1
Itajaí	1	1	1	1
Itaqui	1	1	1	1
Natal	1	1	1	1
Niterói	0	0	0	0
Paranaguá	1	1	1	1
Recife	1	1	1	1
Rio de Janeiro	0	0	0	0
Rio Grande	1	1	1	1
Salvador	1	1	1	1
Santos	1	1	1	1
São Francisco do Sul	1	1	1	1
São Sebastião	1	1	1	1
SUAPE	1	1	1	1
Vitória	1	1	1	1

Ausente	Presente
0	1

4.2 :: Indicador de Exposição

A exposição dos 21 portos públicos analisados em relação às tempestades, vendavais e aumento do nível do mar é representada pelos indicadores intermediários: número de infraestruturas e movimentação de carga anual. O indicador intermediário “número de infraestruturas”, diferentemente da “movimentação de carga anual”, varia a depender da ameaça analisada devido ao fator de localização geográfica. Uma vez que a exposição envolve a presença de infraestruturas em locais que possam ser adversamente afetados por uma determinada ameaça, tem-se que nem todas as infraestruturas portuárias localizam-se em ambientes que as expõem às ameaças climáticas analisadas.

As Tabelas 43, 44 e 45 apresentam os resultados dos indicadores de exposição dos portos frente às ameaças analisadas, bem como os resultados dos indicadores intermediários. Esses resultados derivam da aplicação das equações apresentadas na seção da metodologia. Os resultados absolutos dos indicadores intermediários podem ser encontrados no APÊNDICE IV.

Tabela 43: Indicador de exposição às tempestades

PORTO	NÚMERO DE INFRAESTRUTURAS	MOVIMENTAÇÃO DE CARGA ANUAL	INDICADOR
Angra dos Reis	0,582	0,344	0,463
Aratu-Candeias	0,800	0,846	0,823
Cabedelo	0,589	0,755	0,672
Fortaleza	0,496	0,832	0,664
Ilhéus	0,422	0,664	0,543
Imbituba	0,483	0,840	0,662
Itaguaí	0,553	0,956	0,755
Itajaí	0,378	0,835	0,606
Itaqui	0,750	0,919	0,835
Natal	0,609	0,728	0,669
Niterói	0,365	0,559	0,462
Paranaguá	0,881	0,957	0,919
Recife	0,639	0,761	0,700
Rio de Janeiro	0,778	0,852	0,815
Rio Grande	0,910	0,906	0,908
Salvador	0,532	0,834	0,683
Santos	1,000	1,000	1,000
São Francisco do Sul	0,440	0,878	0,659
São Sebastião	0,463	0,731	0,597
SUAPE	0,801	0,919	0,860
Vitória	0,665	0,851	0,758

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

Tabela 44: Indicador de exposição aos vendavais

PORTO	NÚMERO DE INFRAESTRUTURAS	MOVIMENTAÇÃO DE CARGA ANUAL	INDICADOR
Angra dos Reis	0,585	0,344	0,464
Aratu-Candeias	0,805	0,846	0,825
Cabedelo	0,588	0,755	0,672
Fortaleza	0,370	0,832	0,601
Ilhéus	0,384	0,664	0,524
Imbituba	0,438	0,840	0,639
Itaguaí	0,520	0,956	0,738
Itajaí	0,277	0,835	0,556
Itaqui	0,754	0,919	0,837
Natal	0,604	0,728	0,666
Niterói	0,321	0,559	0,440
Paranaguá	0,884	0,957	0,921
Recife	0,616	0,761	0,689

PORTO	NÚMERO DE INFRAESTRUTURAS	MOVIMENTAÇÃO DE CARGA ANUAL	INDICADOR
Rio de Janeiro	0,758	0,852	0,805
Rio Grande	0,915	0,906	0,911
Salvador	0,470	0,834	0,652
Santos	1,000	1,000	1,000
São Francisco do Sul	0,356	0,878	0,617
São Sebastião	0,418	0,731	0,574
SUAPE	0,798	0,919	0,858
Vitória	0,649	0,851	0,750

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

Tabela 45: Indicador de exposição ao aumento do nível do mar

PORTO	NÚMERO DE INFRAESTRUTURAS	MOVIMENTAÇÃO DE CARGA ANUAL	INDICADOR
Angra dos Reis	0,600	0,344	0,472
Aratu-Candeias	0,822	0,846	0,834
Cabedelo	0,610	0,755	0,683
Fortaleza	0,501	0,832	0,666
Ilhéus	0,416	0,664	0,540
Imbituba	0,501	0,840	0,670
Itaguaí	0,494	0,956	0,725
Itajaí	0,328	0,835	0,581
Itaqui	0,769	0,919	0,844
Natal	0,628	0,728	0,678
Niterói	0,253	0,559	0,406
Paranaguá	0,897	0,957	0,927
Recife	0,647	0,761	0,704
Rio de Janeiro	0,728	0,852	0,790
Rio Grande	0,924	0,906	0,915
Salvador	0,494	0,834	0,664
Santos	1,000	1,000	1,000
São Francisco do Sul	0,455	0,878	0,667
São Sebastião	0,391	0,731	0,561
SUAPE	0,807	0,919	0,863
Vitória	0,669	0,851	0,760

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

A partir da análise das tabelas acima, identifica-se que para todas as ameaças analisadas os portos de Aratu-Candeias, Itaqui, Paranaguá, Rio Grande, Santos, SUAPE apresentam indicador de exposição classificado como “muito alta”. Tal resultado é consequência dos valores dos indicadores intermediários, tendo uma influência maior, na maioria dos casos, do indicador de movimentação de carga anual. Dentre esses portos, o Porto de Santos se sobressai, possuindo uma exposição máxima para todas as ameaças analisadas, em virtude da elevada movimentação de carga anual e do elevado número de infraestruturas portuárias que revelam a dimensão do maior porto da América Latina.

Nota-se que apenas os portos do Rio de Janeiro e Itajaí não mantiveram o nível de exposição constante para as três ameaças analisadas. O Porto do Rio de Janeiro passa de uma classificação de exposição “muito alta” para as ameaças de tempestades e vendavais para uma classificação “alta” para o aumento do nível do mar. Isso se deve a não consideração dos equipamentos de movimentação de carga como infraestruturas portuárias expostas a essa ameaça, resultando na diminuição do indicador de infraestruturas portuárias, e, conseqüentemente no nível de exposição (APÊNDICE IV). Já o Porto de Itajaí, apesar de possuir uma movimentação de carga anual considerável, possui indicador intermediário “número de infraestruturas portuárias” que reduz significativamente o indicador final de exposição, principalmente no que diz respeito às ameaças de vendavais e aumento do nível do mar.

É interessante observar que o nível de exposição dos portos varia entre “média” a “muito alta”, não havendo nenhum caso de exposição “muito baixa” ou “baixa”. Esse resultado converge com os expostos por PBMC (2016) & Izaguirre *et al.* (2021), os quais apontam que a localização do setor portuário, ao longo da costa, rios ou lagos, faz com que possua uma elevada exposição a uma grande variedade de ameaças que incluem elevação do nível do mar, inundações, mudanças na frequência e intensidade de tempestades e aumento da precipitação e temperatura da superfície do mar.

4.3 :: Indicador de Vulnerabilidade

Nesta seção, apresenta-se os resultados do indicador de vulnerabilidade às tempestades, aos vendavais e ao aumento do nível do mar, os quais derivam da análise realizada da sensibilidade em conjunto com a capacidade adaptativa (Ver equação 11).

4.3.1 :: Tempestades

A Tabela 46 apresenta os dados referentes ao indicador de vulnerabilidade às tempestades, assim como os resultados dos indicadores de sensibilidade e capacidade adaptativa que o compõe.

Tabela 46: Indicador de vulnerabilidade as tempestades

PORTO	SENSIBILIDADE	CAPACIDADE ADAPTATIVA	INDICADOR
Angra dos Reis	0,353	0,057	0,333
Aratu-Candeias	0,520	0,085	0,476
Cabedelo	0,642	0,132	0,558
Fortaleza	0,474	0,010	0,469
Ilhéus	0,402	0,075	0,372
Imbituba	0,541	0,041	0,519
Itaguaí	0,354	0,139	0,305
Itajaí	0,467	0,411	0,275
Itaquí	0,558	0,499	0,280
Natal	0,612	0,212	0,482
Niterói	0,287	0,021	0,281
Paranaguá	0,598	0,373	0,375
Recife	0,516	0,166	0,430
Rio de Janeiro	0,314	0,021	0,307
Rio Grande	0,703	0,080	0,647
Salvador	0,272	0,021	0,267
Santos	0,581	0,453	0,318
São Francisco do Sul	0,649	0,057	0,612
São Sebastião	0,526	0,078	0,485
SUAPE	0,251	0,005	0,249
Vitória	0,369	0,290	0,262

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

A partir da análise da tabela acima, observa-se que os portos de Rio Grande e São Francisco do Sul são os mais vulneráveis às tempestades, possuindo uma classificação denominada como “alta”. Para compreender esse resultado é importante desagregar as variáveis consideradas, isto é, avaliar os indicadores de sensibilidade e capacidade adaptativa.

Para ambos os portos a vulnerabilidade elevada deriva do indicador de sensibilidade, que apresentou resultados superiores ao indicador de capacidade adaptativa, exercendo, portanto, maior influência na vulnerabilidade. Ao analisar os indicadores intermediários que compõe o indicador de sensibilidade, nota-se que enquanto o porto de Rio Grande é mais influenciado pelo indicador “tipo de carga”, o porto de São Francisco do Sul é influenciado pela “condição da área abrigada” (Tabela 47). Isso significa que a elevada movimentação de carga vegetal do porto de Rio Grande é o fator responsável por posicioná-lo em uma situação de maior probabilidade de paralisações na operação devido às tempestades, ao passo que no porto de São Francisco do Sul, a condição da área abrigada é o fator preponderante para possíveis paralisações devidas a essa ameaça.

Tabela 47: Indicador de sensibilidade às tempestades

PORTO	TIPO DE CARGA	CONDIÇÃO DA ÁREA ABRIGADA	TIPO DE PORTO	INDICADOR
Angra dos Reis	0,00	0,40	0,66	0,353
Aratu-Candeias	0,30	0,60	0,66	0,520
Cabedelo	0,33	0,60	1,0	0,642
Fortaleza	0,29	0,80	0,33	0,474
Ilhéus	0,28	0,60	0,33	0,402
Imbituba	0,49	0,80	0,33	0,541
Itaguaí	0,00	0,40	0,66	0,354
Itajaí	0,00	0,40	1,0	0,467
Itaqui	0,61	0,40	0,66	0,558
Natal	0,44	0,40	1,0	0,612
Niterói	0,00	0,20	0,66	0,287
Paranaguá	0,74	0,40	0,66	0,598
Recife	0,62	0,60	0,33	0,516
Rio de Janeiro	0,08	0,20	0,66	0,314
Rio Grande	0,71	0,40	1,0	0,703
Salvador	0,09	0,40	0,33	0,272
Santos	0,34	0,40	1,0	0,581
São Francisco do Sul	0,49	0,80	0,66	0,649
São Sebastião	0,12	0,80	0,66	0,526
SUAPE	0,02	0,40	0,33	0,251
Vitória	0,25	0,20	0,66	0,369

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

Ainda em relação à sensibilidade, verifica-se que os portos de Cabedelo, Natal, Rio Grande e São Francisco do Sul possuem a mesma classificação da sensibilidade. Entretanto, os dois primeiros não possuem, como os demais, a vulnerabilidade “alta”, visto que apresentam capacidade adaptativa maior que os demais (Tabela 48).

Tabela 48: Indicador de capacidade adaptativas às tempestades

PORTO	NÃO ESTRUTURAL	ESTRUTURAL	INDICADOR
Angra dos Reis	0,06	0,00	0,057
Aratu-Candeias	0,03	0,06	0,085
Cabedelo	0,07	0,06	0,132
Fortaleza	0,01	0,00	0,010
Ilhéus	0,02	0,06	0,075
Imbituba	0,04	0,00	0,041
Itaguaí	0,02	0,12	0,139

PORTO	NÃO ESTRUTURAL	ESTRUTURAL	INDICADOR
Itajaí	0,23	0,18	0,411
Itaqui	0,11	0,39	0,499
Natal	0,09	0,12	0,212
Niterói	0,02	0,00	0,021
Paranaguá	0,10	0,27	0,373
Recife	0,01	0,16	0,166
Rio de Janeiro	0,02	0,00	0,021
Rio Grande	0,02	0,06	0,080
Salvador	0,02	0,00	0,021
Santos	0,07	0,39	0,453
São Francisco do Sul	0,06	0,00	0,057
São Sebastião	0,08	0,00	0,078
SUAPE	0,01	0,00	0,005
Vitória	0,03	0,26	0,290

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

A partir dos resultados, observa-se que nenhum dos 21 portos públicos analisados possuem uma capacidade adaptativa classificada como “alta” ou “muito alta”. Os portos de Itajaí, Itaqui e Santos possuem uma melhor classificação, sendo resultado do investimento, por parte de tais portos, em medidas estruturais e não estruturais relevantes para o enfrentamento de eventos extremos de chuva.

Os resultados apresentados na Tabela 48 para os portos de São Francisco do Sul e Rio Grande, em conjunto com a análise da sensibilidade, auxiliam na compreensão do resultado da vulnerabilidade elevada. Nota-se que esses dois portos apresentaram uma capacidade adaptativa classificada como “muito baixa”, o que indica que eles não possuem medidas estruturais e não estruturais suficientes para o enfrentamento de eventos extremos de chuva.

Por fim, é interessante mencionar que tanto o Porto de São Francisco do Sul quanto o Porto de Rio Grande apontaram no questionário eletrônico enviado, que já sofreram impactos na operação portuária devido às tempestades, classificados em “moderado” e “severo”, respectivamente. Isso significa que o Porto de São Francisco do Sul já presenciou a interrupção parcial/pontual de uma atividade, enquanto o Porto de Rio Grande presenciou parada total nas suas operações portuárias por um curto período. Essa situação corrobora os resultados da vulnerabilidade desses dois portos.

4.3.2 :: Vendavais

A Tabela 49 apresenta os dados do indicador de vulnerabilidade aos vendavais, assim como dos indicadores de sensibilidade e capacidade adaptativa dos 21 portos públicos analisados.

Tabela 49: Indicador de vulnerabilidade aos vendavais

PORTO	SENSIBILIDADE	CAPACIDADE ADAPTATIVA	INDICADOR
Angra dos Reis	0,577	0,095	0,522
Aratu-Candeias	0,403	0,029	0,391
Cabedelo	0,516	0,095	0,467
Fortaleza	0,650	0,058	0,612
Ilhéus	0,753	0,022	0,737
Imbituba	0,816	0,065	0,763
Itaguaí	0,576	0,029	0,560
Itajaí	0,577	0,327	0,388
Itaquí	0,481	0,327	0,323
Natal	0,577	0,153	0,489
Niterói	0,510	0,022	0,499
Paranaguá	0,554	0,178	0,456
Recife	0,752	0,015	0,741
Rio de Janeiro	0,500	0,022	0,489
Rio Grande	0,522	0,058	0,492
Salvador	0,687	0,022	0,672
Santos	0,535	0,102	0,480
São Francisco do Sul	0,710	0,116	0,627
São Sebastião	0,707	0,145	0,605
SUAPE	0,438	0,080	0,403
Vitória	0,473	0,465	0,253

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

A partir dos resultados acima, identifica-se 7 portos com alta vulnerabilidade à ameaça de vendavais, sendo eles: Fortaleza, Ilhéus, Imbituba, Recife, Salvador, São Francisco do Sul e São Sebastião. No intuito de compreender a elevada vulnerabilidade desses portos, deve ser realizado o detalhamento dos indicadores que a compõe.

Em uma análise minuciosa das causas para o resultado de vulnerabilidade obtido, identifica-se que a sensibilidade foi a componente responsável por tal resultado, dado que todos os portos com alta vulnerabilidade possuem sensibilidade definida como “muito alta” ou “alta”, e capacidade adaptativa classificada como “muito baixa” (Tabela 50 e Tabela 51). Ressalta-se que o resultado do indicador da sensibilidade e da capacidade adaptativa são influenciados por todos os indicadores intermediários que os compõe de formas diferenciadas. Em relação ao resultado da sensibilidade, por exemplo, os indicadores intermediários que mais exerceram influência foram o “tipo de carga” e o “condição da área abrigada”. Esse último prevaleceu apenas no porto de Fortaleza.

Tabela 50: Indicador de sensibilidade aos vendavais

PORTO	TIPO DE CARGA	CONDIÇÃO DA ÁREA ABRIGADA	TIPO DE PORTO	INDICADOR
Angra dos Reis	1,00	0,40	0,33	0,577
Aratu-Candeias	0,28	0,60	0,33	0,403
Cabedelo	0,62	0,60	0,33	0,516
Fortaleza	0,49	0,80	0,66	0,650
Ilhéus	1,00	0,60	0,66	0,753
Imbituba	0,99	0,80	0,66	0,816
Itaguaí	1,00	0,40	0,33	0,576
Itajaí	1,00	0,40	0,33	0,577
Itaqui	0,71	0,40	0,33	0,481
Natal	1,00	0,40	0,33	0,577
Niterói	1,00	0,20	0,33	0,510
Paranaguá	0,93	0,40	0,33	0,554
Recife	1,00	0,60	0,66	0,752
Rio de Janeiro	0,97	0,20	0,33	0,500
Rio Grande	0,84	0,40	0,33	0,522
Salvador	1,00	0,40	0,66	0,687
Santos	0,87	0,40	0,33	0,535
São Francisco do Sul	1,00	0,80	0,33	0,710
São Sebastião	0,99	0,80	0,33	0,707
SUAPE	0,26	0,40	0,66	0,438
Vitória	0,89	0,20	0,33	0,473

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

Tabela 51: Indicador de capacidade adaptativa aos vendavais

PORTO	NÃO ESTRUTURAL	ESTRUTURAL	INDICADOR
Angra dos Reis	0,09	0,00	0,095
Aratu-Candeias	0,03	0,00	0,029
Cabedelo	0,09	0,00	0,095
Fortaleza	0,06	0,00	0,058
Ilhéus	0,02	0,00	0,022
Imbituba	0,07	0,00	0,065
Itaguaí	0,03	0,00	0,029
Itajaí	0,33	0,00	0,327
Itaqui	0,17	0,16	0,327
Natal	0,15	0,00	0,153
Niterói	0,02	0,00	0,022
Paranaguá	0,14	0,04	0,178
Recife	0,01	0,00	0,015

PORTO	NÃO ESTRUTURAL	ESTRUTURAL	INDICADOR
Rio de Janeiro	0,02	0,00	0,022
Rio Grande	0,06	0,00	0,058
Salvador	0,02	0,00	0,022
Santos	0,10	0,00	0,102
São Francisco do Sul	0,12	0,00	0,116
São Sebastião	0,15	0,00	0,145
SUAPE	0,08	0,00	0,080
Vitória	0,07	0,40	0,465

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

O indicador de capacidade adaptativa aos vendavais revela que todos os portos que obtiveram uma vulnerabilidade elevada, obtiveram uma classificação “muito baixa”. Esse resultado é reflexo da falta de medidas estruturais e não estruturais que aumentem a resiliência das operações portuárias frente aos eventos extremos de vento. Nota-se ainda que, de maneira semelhante as tempestades, há uma baixa adesão a medidas estruturais no quesito de capacidade adaptativa frente a ameaça de vendavais, evidenciada pelo fato de apenas três portos apresentarem medidas desse tipo.

Ao comparar os resultados dos portos que obtiveram vulnerabilidade classificada como “alta”, com as respostas deles em relação aos impactos causados pelos vendavais, apresentados anteriormente no na seção 3.3.3 desse relatório, ressalta-se que todos eles, com exceção do porto de São Sebastião, disseram ter sofrido impactos nas suas operações devido a eventos extremos de vento.

4.2.3 :: Aumento do Nível do Mar

Na Tabela 52 abaixo serão apresentados os dados referentes ao indicador de vulnerabilidade ao aumento do nível do mar, bem como dos indicadores que o compõe: sensibilidade e capacidade adaptativa.

Tabela 52: Indicador de vulnerabilidade ao aumento do nível do mar

PORTO	SENSIBILIDADE	CAPACIDADE ADAPTATIVA	INDICADOR
Angra dos Reis	0,530	0,120	0,466
Aratu-Candeias	0,630	0,080	0,580
Cabedelo	0,630	0,280	0,454
Fortaleza	0,565	0,000	0,565
Ilhéus	0,465	0,040	0,446
Imbituba	0,565	0,100	0,509
Itaguaí	0,530	0,080	0,488
Itajaí	0,530	0,800	0,106
Itaqui	0,530	0,500	0,265

PORTO	SENSIBILIDADE	CAPACIDADE ADAPTATIVA	INDICADOR
Natal	0,530	0,440	0,297
Niterói	0,430	0,000	0,430
Paranaguá	0,530	0,180	0,435
Recife	0,465	0,060	0,437
Rio de Janeiro	0,430	0,000	0,430
Rio Grande	0,530	0,040	0,509
Salvador	0,365	0,060	0,343
Santos	0,530	0,260	0,392
São Francisco do Sul	0,730	0,200	0,584
São Sebastião	0,730	0,200	0,584
SUAPE	0,365	0,120	0,321
Vitória	0,430	0,120	0,378

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

A partir dos resultados acima, identifica-se que nenhum porto público analisado no escopo deste estudo possui uma vulnerabilidade “muito alta” ou “alta” frente à ameaça de aumento do nível do mar. A maior parte dos portos analisados, 14 de 21, foram classificados com uma vulnerabilidade “média”, sendo eles: Angra dos Reis, Aratu-Candeias, Cabedelo, Fortaleza, Ilhéus, Imbituba, Itaguaí, Niterói, Paranaguá, Recife, Rio de Janeiro, Rio Grande, São Francisco do Sul e São Sebastião.

Dentre os 21 portos analisados, é interessante destacar o resultado do porto de Itajaí, dado que apenas ele obteve uma vulnerabilidade classificada como “muito baixa”. Essa classificação é reflexo do valor do indicador de capacidade adaptativa, que foi maior do que o indicador de sensibilidade. A Tabela 53 abaixo fundamenta melhor esse resultado.

Tabela 53: Indicador de capacidade adaptativa ao aumento do nível do mar

PORTO	NÃO ESTRUTURAL	INDICADOR
Angra dos Reis	0,12	0,120
Aratu-Candeias	0,08	0,080
Cabedelo	0,28	0,280
Fortaleza	0,00	0,000
Ilhéus	0,04	0,040
Imbituba	0,10	0,100
Itaguaí	0,08	0,080
Itajaí	0,80	0,800
Itaqui	0,50	0,500
Natal	0,44	0,440
Niterói	0,00	0,000
Paranaguá	0,18	0,180
Recife	0,06	0,060

PORTO	NÃO ESTRUTURAL	INDICADOR
Rio de Janeiro	0,00	0,000
Rio Grande	0,04	0,040
Salvador	0,06	0,060
Santos	0,26	0,260
São Francisco do Sul	0,20	0,200
São Sebastião	0,20	0,200
SUAPE	0,12	0,120
Vitória	0,12	0,120

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

Nota-se que o Porto de Itajaí foi o único que apresentou um indicador de capacidade adaptativa frente ao aumento do nível do mar classificado como “muito alta”. Esse resultado indica o sucesso do porto na adoção de medidas não estruturais para o enfrentamento do aumento do nível do mar. Dentre as 10 medidas não estruturais levantadas no presente estudo, apenas duas o porto de Itajaí afirmou não possuir, sendo elas: seguro específico contra as mudanças do clima e planos de ação emergencial/protocolo de evacuação em relação ao aumento do nível do mar.

Ressalta-se que o resultado da capacidade adaptativa para o porto de Itajaí já era esperado visto que o porto já vem adotando uma série de medidas adaptativas para tornar a operação portuária mais resiliente às mudanças do clima. O porto inclusive já realizou um estudo intitulado como “Levantamento de Risco Climático para o Porto de Itajaí/SC”, no ano de 2021, desenvolvido pela Ekta Consultoria Soluções Ambientais com a assessoria técnica da Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ) juntamente com outros órgãos, no qual foram levantados os riscos climáticos atuais e futuros.

Em relação à sensibilidade, nota-se que os portos de Itajaí, Itaqui e Natal possuem sensibilidade igual a de outros portos classificados com vulnerabilidade “média”. Todavia, para os três portos a vulnerabilidade é definida como “muito baixa” ou “baixa”. A explicação para este resultado é obtida a partir da análise dos resultados expostos na Tabela 54, os quais demonstram que possuem a maior capacidade adaptativa entre os portos analisados, conseqüentemente, reduzindo a vulnerabilidade do porto frente à ameaça de aumento do nível do mar.

Tabela 54: Indicador de sensibilidade ao aumento do nível do mar

PORTO	CONDIÇÃO DA ÁREA ABRIGADA	TIPO DE PORTO	INDICADOR
Angra dos Reis	0,40	0,66	0,530
Aratu-Candeias	0,60	0,66	0,630
Cabedelo	0,60	0,66	0,630
Fortaleza	0,80	0,33	0,565
Ilhéus	0,60	0,33	0,465
Imbituba	0,80	0,33	0,565

PORTO	CONDIÇÃO DA ÁREA ABRIGADA	TIPO DE PORTO	INDICADOR
Itaguaí	0,40	0,66	0,530
Itajaí	0,40	0,66	0,530
Itaqui	0,40	0,66	0,530
Natal	0,40	0,66	0,530
Niterói	0,20	0,66	0,430
Paranaguá	0,40	0,66	0,530
Recife	0,60	0,33	0,465
Rio de Janeiro	0,20	0,66	0,430
Rio Grande	0,40	0,66	0,530
Salvador	0,40	0,33	0,365
Santos	0,40	0,66	0,530
São Francisco do Sul	0,80	0,66	0,730
São Sebastião	0,80	0,66	0,730
SUAPE	0,40	0,33	0,365
Vitória	0,20	0,66	0,430

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

É interessante apontar que, diferentemente das outras ameaças analisadas, para o aumento do nível do mar não foram obtidos relatos dos portos sobre o seu impacto na operação da atividade portuária. Em geral, isso ocorre em virtude de o impacto dessa ameaça no setor portuário brasileiro ser vislumbrado principalmente em cenários projetados, sendo pouco perceptível e mensurável na atividade portuária atual. Essa lacuna na percepção, faz com que haja pouco investimento em obras preventivas. Segundo Ng *et al.* (2018), há muitas razões pelas quais um porto pode querer adiar o investimento em medidas proativas, especialmente quando se trata da proteção contra eventos de baixa probabilidade e alto impacto. Em relação à elevação do nível do mar, por exemplo, os autores apontam que essa falta de planejamento se deve aos efeitos incrementais dessa ameaça e à incerteza na taxa de elevação.

4.4 :: Risco Climático

Nesta seção serão apresentados os resultados dos índices de risco de tempestades, vendavais e aumento do nível do mar. Ao analisar os resultados apresentados deve-se ter em conta que a análise de risco climático considerou a comparação entre 21 portos públicos da costa brasileira, localizados em diferentes regiões geográficas e, por conseguinte, apresentando características climáticas distintas, bem como variados elementos de infraestrutura e aspectos de operação

Os resultados apresentados nas seções a seguir serão apresentados a partir de tabelas. Entretanto, para permitir uma análise espacial desses resultados, o Apêndice IX apresenta-os por meio de mapas.

4.4.1 :: Tempestades

Os resultados referentes ao índice de risco a tempestades dos 21 portos analisados estão expostos na Tabela 55 abaixo.

Tabela 55: Índice de risco de tempestades

PORTO	OBSERVADO	RCP 4.5		RCP 8.5	
		2030	2050	2030	2050
Angra dos Reis	0,283	0,285	0,282	0,277	0,284
Aratu-Candeias	0,993	1,000	0,992	0,977	0,977
Cabedelo	0,856	0,880	0,882	0,864	0,851
Fortaleza	0,509	0,537	0,544	0,536	0,553
Ilhéus	0,426	0,426	0,436	0,427	0,429
Imbituba	0,618	0,638	0,632	0,628	0,637
Itaguaí	0,397	0,406	0,401	0,401	0,410
Itajaí	0,308	0,312	0,308	0,304	0,309
Itaquí	0,292	0,319	0,333	0,318	0,349
Natal	0,792	0,793	0,809	0,788	0,766
Niterói	0,249	0,256	0,250	0,251	0,256
Paranaguá	0,661	0,666	0,663	0,658	0,670
Recife	0,750	0,779	0,774	0,787	0,767
Rio de Janeiro	0,481	0,494	0,483	0,484	0,495
Rio Grande	1,000	0,983	0,987	0,998	0,991
Salvador	0,461	0,464	0,462	0,456	0,458
Santos	0,627	0,636	0,622	0,620	0,639
São Francisco do Sul	0,792	0,801	0,791	0,785	0,798
São Sebastião	0,596	0,604	0,591	0,582	0,601
SUAPE	0,604	0,625	0,622	0,630	0,617
Vitória	0,398	0,400	0,394	0,393	0,394

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

Os resultados do índice de risco de tempestades apontam um risco “muito alto” em todos os cenários estudados para os portos de Rio Grande, Aratu-Candeias e Cabedelo. Para os portos de Natal e São Francisco do Sul, identificou-se um risco alterado de “alto” para “muito alto” no cenário de emissões RCP 4.5, para os anos de 2050 e 2030, respectivamente, e, em ambos, essa alteração foi em consequência da ameaça projetada. Outros portos que chamam a atenção devido a classificação do risco são o de Imbituba, Paranaguá, Recife, Santos e Vitória os quais apresentaram um risco classificado como “alto” em todos os cenários e períodos.

Tanto para o porto de Aratu-Candeias quanto para o porto de Cabedelo, os indicadores que mais contribuíram para o risco elevado foram os de ameaça e o de exposição (APÊNDICE II). Para o primeiro, o indicador de ameaça foi classificado como “alto” em todos os cenários e períodos,

enquanto o de exposição foi classificado como “muito alto”. Para o segundo, ambos os indicadores foram classificados como “alto”. Em linhas gerais, esse resultado significa que a ameaça tem uma probabilidade alta de ocorrência, ao mesmo tempo que os dois portos possuem uma quantidade considerável de ativos econômicos expostos (número de infraestruturas e movimentação de carga), o que aumenta os seus respectivos indicadores de exposição. Dessa forma, na ocorrência de um evento extremo de precipitação, o risco do impacto de tempestades é elevado, assim como os prejuízos associados.

Para o porto de Rio Grande os indicadores que mais influenciaram no índice de risco de tempestade “muito alto” foram os de exposição, classificado como “muito alto”, e o de vulnerabilidade, classificado como “alto”. Em relação ao indicador de ameaça, esse foi categorizado com uma probabilidade média de acontecer. Ainda que essa probabilidade não seja alta, o resultado do risco aponta que, na ocorrência de um extremo de precipitação, a vulnerabilidade do porto, em conjunto com a sua exposição, o coloca em uma posição de risco muito alto.

Nota-se que a vulnerabilidade às tempestades do porto de Rio Grande é reflexo da baixa capacidade adaptativa, resultado da baixa adesão a medidas estruturais e não estruturais, e da alta sensibilidade devido à alta movimentação de carga vegetal, sujeita a paralisações na ocorrência de chuvas, e devido ao porto estar abrigado naturalmente por uma lagoa, tendo assim águas mais represadas e, logo, maior probabilidade da ocorrência de inundações.

4.4.2 :: Vendavais

Os resultados do índice de risco de vendavais apresentam um comportamento interessante. Para todos os 21 portos analisados, o risco de vendavais aumentou nos períodos futuros se comparado com o período observado (Tabela 56). Esse resultado se deve à ameaça climática, a qual, de acordo com os modelos climáticos utilizados, apresentou um aumento ao longo dos períodos e cenários analisados.

Tabela 56: Índice de risco de vendavais

PORTO	OBSERVADO	RCP 4.5		RCP 8.5	
		2030	2050	2030	2050
Angra dos Reis	0,364	0,397	0,440	0,406	0,449
Aratu-Candeias	0,496	0,578	0,599	0,615	0,723
Cabedelo	0,445	0,568	0,617	0,604	0,737
Fortaleza	0,534	0,638	0,692	0,662	0,754
Ilhéus	0,595	0,663	0,703	0,699	0,789
Imbituba	0,761	0,776	0,804	0,799	0,835
Itaguaí	0,618	0,670	0,747	0,696	0,764
Itajaí	0,334	0,345	0,350	0,351	0,361
Itaquí	0,426	0,487	0,525	0,536	0,580
Natal	0,467	0,607	0,681	0,643	0,802
Niterói	0,324	0,351	0,388	0,369	0,400
Paranaguá	0,634	0,686	0,717	0,695	0,741

PORTO	OBSERVADO	RCP 4.5		RCP 8.5	
		2030	2050	2030	2050
Recife	0,728	0,840	0,873	0,872	1,000
Rio de Janeiro	0,581	0,628	0,694	0,660	0,715
Rio Grande	0,698	0,721	0,741	0,719	0,737
Salvador	0,676	0,771	0,794	0,813	0,944
Santos	0,733	0,777	0,842	0,796	0,857
São Francisco do Sul	0,592	0,626	0,638	0,631	0,661
São Sebastião	0,532	0,562	0,614	0,582	0,629
SUAPE	0,494	0,560	0,575	0,579	0,653
Vitória	0,288	0,333	0,377	0,357	0,396

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

Ao comparar os cenários de emissões RCP 4.5 e 8.5, considerando os dois períodos em conjunto, observa-se que os portos de Aratu-Candeias, Cabedelo, Natal, Salvador e SUAPE foram os que sofreram alterações na categorização entre esses cenários. Para todos esses portos, o cenário de emissão RCP 8.5 apresentou resultados mais elevados para o índice de risco de vendavais. A título de exemplo, para o porto de Aratu-Candeias os modelos climáticos apontaram uma classificação de risco “médio”, no cenário de emissão RCP 4.5 enquanto no RCP 8.5 o risco foi classificado como “alto”.

O porto de Natal chama atenção, visto que sai de uma categoria de risco “médio” no período observado para “muito alto” no período de 2050 no cenário RCP 8.5. Nesses casos em que o risco aumenta consideravelmente, é necessária uma atenção por parte da administração portuária, a fim de evitar possíveis prejuízos no futuro decorrentes da falta de investimento em medidas de adaptação. Vale destacar que o porto apresentou uma capacidade adaptativa aos vendavais “muito baixa”, o que indica uma falta de preparo para o enfrentamento de eventos extremos de vento.

4.4.3 :: Aumento do Nível do Mar

Os resultados do índice de risco de aumento do nível do mar para os 21 portos públicos permaneceram inalterados ao longo dos períodos analisados devido ao indicador de ameaça. Conforme explicado anteriormente, esse indicador foi tratado como um indicador binário (ameaça presente ou ausente), desconsiderando as possíveis diferenças entre o aumento relativo do mar nos anos e nos cenários de emissões analisados. Dessa forma, ao observar os resultados na Tabela 57 abaixo, deve-se ter em conta que os indicadores de vulnerabilidade e de exposição foram os que determinaram as diferenças entre os índices de risco de aumento do nível do mar dos portos que possuem a presença da ameaça.

Tabela 57: Índice de risco de aumento do nível do mar

PORTO	RCP 4.5		RCP 8.5	
	2030	2050	2030	2050
Angra dos Reis	0,000	0,000	0,000	0,000
Aratu-Candeias	1,000	1,000	1,000	1,000
Cabedelo	0,640	0,640	0,640	0,640
Fortaleza	0,778	0,778	0,778	0,778
Ilhéus	0,499	0,499	0,499	0,499
Imbituba	0,705	0,705	0,705	0,705
Itaguaí	0,731	0,731	0,731	0,731
Itajaí	0,127	0,127	0,127	0,127
Itaqui	0,463	0,463	0,463	0,463
Natal	0,416	0,416	0,416	0,416
Niterói	0,000	0,000	0,000	0,000
Paranaguá	0,834	0,834	0,834	0,834
Recife	0,637	0,637	0,637	0,637
Rio de Janeiro	0,000	0,000	0,000	0,000
Rio Grande	0,963	0,963	0,963	0,963
Salvador	0,471	0,471	0,471	0,471
Santos	0,811	0,811	0,811	0,811
São Francisco do Sul	0,805	0,805	0,805	0,805
São Sebastião	0,678	0,678	0,678	0,678
SUAPE	0,573	0,573	0,573	0,573
Vitória	0,595	0,595	0,595	0,595

Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
$0 \leq a < 0,2$	$0,2 \leq a < 0,4$	$0,4 \leq a < 0,6$	$0,6 \leq a < 0,8$	$0,8 \leq a \leq 1$

A partir dos resultados acima, nota-se que apenas 5 dos 21 portos analisados possuem risco de aumento do nível do mar classificado como “muito alto”, sendo eles: Aratu-Candeias, Paranaguá, Rio Grande, Santos e São Francisco do Sul. Por outro lado, observa-se que os portos classificados com um índice de risco “muito baixo” foram os portos de Angra dos Reis, Itajaí, Niterói e Rio de Janeiro. A compreensão desses resultados é proporcionada pela desagregação dos indicadores que compõe o índice de risco de aumento do nível do mar (APÊNDICE VIII).

A classificação do índice de risco “muito alto” para os portos listados tem uma forte influência do indicador de exposição. Para todos esses portos, a exposição foi classificada como “muito alta”, com exceção para o porto de São Francisco do Sul, o qual apresentou uma exposição classificada em “alta”. A exposição elevada indica que esses portos possuem mais ativos econômicos expostos ao aumento do nível do mar se comparado com os demais portos. A partir desse resultado, tem-se que a redução do índice de risco de aumento do nível do mar para esses portos envolveria a adoção de medidas de adaptação, o que resultaria na diminuição da vulnerabilidade do porto. Em relação a essas medidas, ao observar o APÊNDICE VIII, nota-se que os portos com o risco muito alto possuem apenas uma medida de adaptação implementada no porto de dez levantadas como sendo importante para o aumento da resiliência portuária, com destaque para o porto de Rio Grande que não possui nenhuma.

Dentre os 5 portos categorizados em “muito alto”, nota-se que 3 são da região Sul. Losada *et al.* (2013) aponta que, ao analisar as mudanças no nível médio do mar junto com variações dos níveis de marés, ressacas e eventos extremos para diferentes séries históricas ao longo do país, observou-se que esse nível médio está aumentando na região Sul. Além disso, Belém (2007) afirma que quando comparados os diferentes pontos da costa brasileira, no sul o aumento relativo do mar é maior do que nas outras regiões do Brasil.

Para os portos de Angra dos Reis, Itajaí, Niterói e Rio de Janeiro, o índice de risco de aumento do nível do mar foi nulo em decorrência do indicador de ameaça. De acordo com a análise realizada a partir do modelo de elevação digital “CoastalDEM”, para esses portos, não foi possível observar a ocorrência de mancha de inundação na área poligonal do porto. Assim, ao considerar a equação 1 de risco, a qual aponta que o índice de risco é resultado da multiplicação das três dimensões do risco, se uma dessas dimensões zera, ela torna o índice de risco climático nulo.

Reforça-se que o resultado nulo para esses portos resulta da metodologia selecionada para o presente estudo. Logo, o risco de aumento do nível do mar para eles não deve ser totalmente descartado. A título de exemplo, segundo o (PBMC, 2016), além dos portos de Rio Grande, Santos e Paranaguá, aqui apresentados com um risco de aumento do nível do mar “muito alto”, os portos de Itajaí e do Rio de Janeiro também foram indicados como podendo estar sob risco, dado que suas vias e acessos internos e externos estão localizadas, em sua maioria, ao longo da orla.

4.5 :: Ranking

As Tabelas 58, 59 e 60, a seguir, apresentam o ranking dos 21 portos públicos da costa brasileira analisados considerando o índice de risco de tempestade, vendavais e aumento do nível do mar para o período observado e projetado para 2050 no cenário RCP8.5: A comparação com o cenário RCP 8.5 para o ano de 2050, conforme definido em reuniões com a equipe do projeto, permite a compressão do comportamento do risco no pior cenário de emissão e a longo prazo. O *ranking* dos demais cenários e período podem ser observados no APÊNDICE X.

Tabela 58: Ranking dos portos: risco de tempestades

POSIÇÃO	PORTO	OBSERVADO	POSIÇÃO	PORTO	RCP8.5 2050
1°	Rio Grande	1,000	1°	Rio Grande	0,991
2°	Aratu-Candeias	0,993	2°	Aratu-Candeias	0,977
3°	Cabedelo	0,856	3°	Cabedelo	0,851
4°	Natal	0,792	4°	São Francisco do Sul	0,798
5°	São Francisco do Sul	0,792	5°	Recife	0,767
6°	Recife	0,750	6°	Natal	0,766
7°	Paranaguá	0,661	7°	Paranaguá	0,670
8°	Santos	0,627	8°	Santos	0,639
9°	Imbituba	0,618	9°	Imbituba	0,637

POSIÇÃO	PORTO	OBSERVADO	POSIÇÃO	PORTO	RCP8.5 2050
10°	SUAPE	0,604	10°	SUAPE	0,617
11°	São Sebastião	0,596	11°	São Sebastião	0,601
12°	Fortaleza	0,509	12°	Fortaleza	0,553
13°	Rio de Janeiro	0,481	13°	Rio de Janeiro	0,495
14°	Salvador	0,461	14°	Salvador	0,458
15°	Ilhéus	0,426	15°	Ilhéus	0,429
16°	Vitória	0,398	16°	Itaguaí	0,410
17°	Itaguaí	0,397	17°	Vitória	0,394
18°	Itajaí	0,308	18°	Itaquí	0,349
19°	Itaquí	0,292	19°	Itajaí	0,309
20°	Angra dos Reis	0,283	20°	Angra dos Reis	0,284
21°	Niterói	0,249	21°	Niterói	0,256

No que se refere às tempestades, verifica-se que o ranking se mantém praticamente igual no período observado e no período projetado para 2050. Os portos de Rio Grande, Aratu-Candeias e Cabedelo, foram os portos classificados com um maior risco de tempestade nos dois períodos observados, ocupando o primeiro, segundo e terceiro lugar, respectivamente. Os portos que sofreram alteração foram os seguintes: Natal (4° para 6°), São Francisco do Sul (5° para 4°), Recife (6° para 5°), Vitória (16° para 17°), Itaguaí (17° para 16°), Itajaí (18 para 19°) e Itaquí (19° para 18°).

Tabela 59: Ranking índice de risco de vendavais para o período observado e 2050 no cenário RCP8.5

POSIÇÃO	PORTO	OBSERVADO	POSIÇÃO	PORTO	RCP8.5 2050
1°	Imbituba	0,761	1°	Recife	1,000
2°	Santos	0,733	2°	Salvador	0,944
3°	Recife	0,728	3°	Santos	0,857
4°	Rio Grande	0,698	4°	Imbituba	0,835
5°	Salvador	0,676	5°	Natal	0,802
6°	Paranaguá	0,634	6°	Ilhéus	0,789
7°	Itaguaí	0,618	7°	Itaguaí	0,764
8°	Ilhéus	0,595	8°	Fortaleza	0,754
9°	São Francisco do Sul	0,592	9°	Paranaguá	0,741
10°	Rio de Janeiro	0,581	10°	Cabedelo	0,737
11°	Fortaleza	0,534	11°	Rio Grande	0,737
12°	São Sebastião	0,532	12°	Aratu-Candeias	0,723
13°	Aratu-Candeias	0,496	13°	Rio de Janeiro	0,715
14°	SUAPE	0,494	14°	São Francisco do Sul	0,661
15°	Natal	0,467	15°	SUAPE	0,653
16°	Cabedelo	0,445	16°	São Sebastião	0,629
17°	Itaquí	0,426	17°	Itaquí	0,580
18°	Angra dos Reis	0,364	18°	Angra dos Reis	0,449

POSIÇÃO	PORTO	OBSERVADO	POSIÇÃO	PORTO	RCP8.5 2050
19°	Itajaí	0,334	19°	Niterói	0,400
20°	Niterói	0,324	20°	Vitória	0,396
21°	Vitória	0,288	21°	Itajaí	0,361

Ao comparar o *ranking* dos portos em relação ao índice de risco de vendavais, nota-se que houve alterações significativas do período observado para o período projetado para 2050. Dentre essas, destaca-se as ocorridas para os portos de Rio Grande e Natal. O porto de Rio Grande, que estava entre os cinco portos com o risco mais elevado para os vendavais no período observado, foi para a classificação 11° no período de 2050. Já o porto de Natal, classificado em 15° no período observado subiu para o 5° lugar, tendo um aumento considerável no seu índice de risco de vendavais.

Tabela 60: Ranking índice de risco de aumento do nível do mar para o período 2050 e RCP8.5

POSIÇÃO	PORTO	RCP8.5 2050
1°	Aratu-Candeias	1,000
2°	Rio Grande	0,963
3°	Paranaguá	0,834
4°	Santos	0,811
5°	São Francisco do Sul	0,805
6°	Fortaleza	0,778
7°	Itaguaí	0,731
8°	Imbituba	0,705
9°	São Sebastião	0,678
10°	Cabedelo	0,640
11°	Recife	0,637
12°	Vitória	0,595
13°	SUAPE	0,573
14°	Ilhéus	0,499
15°	Salvador	0,471
16°	Itaquí	0,463
17°	Natal	0,416
18°	Itajaí	0,127
19°	Angra dos Reis	0,000
20°	Niterói	0,000
21°	Rio de Janeiro	0,000

Em relação ao ranking do índice de aumento do nível do mar, destaca-se que por não haver dados referentes ao período observado, não foi possível realizar uma análise comparativa com o período 2050. Apesar disso, por meio do resultado acima, é possível identificar os portos que sofrerão mais com os impactos caso o aumento do nível do mar seja concretizado.

5. :: Adaptação e o Setor Portuário

O setor portuário desempenha um papel central nas cadeias de abastecimento, ao ligar a logística oceânica ao transporte terrestre, comercializando mercadorias entre fronteiras, e, consequentemente, impulsionando o crescimento do transporte regional e as economias nacionais. Dado esse papel e a alta vulnerabilidade aos riscos climáticos, tanto em termos de paralisações das operações do dia a dia quanto em termos de danos e reparos nas infraestruturas, tem-se que os efeitos das mudanças do clima podem causar impactos e perdas econômicas significativas ao setor, influenciando a economia regional e o funcionamento das cadeias de abastecimento global (Becker, 2016; Ng *et al.*, 2018). Nesse sentido, a implementação de ações de adaptação, torna-se fundamental para que os riscos impostos pelas mudanças do clima sejam gerenciáveis.

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a adaptação é definida como um processo de ajuste dos sistemas humanos e naturais ao clima atual e ao clima esperado futuro e aos seus efeitos. Nos sistemas humanos, a adaptação busca moderar ou evitar danos, bem como explorar oportunidades. Já em alguns sistemas naturais, a intervenção humana pode facilitar esse processo de ajuste ao clima e aos seus impactos diretos e indiretos (IPCC, 2014).

Uma estratégia de adaptação eficaz requer o uso de medidas de adaptação tanto estruturais como não-estruturais. As medidas estruturais envolvem obras de engenharia para correção e/ou prevenção de desastres, podendo abranger também as áreas de tecnologia, bem como a adaptação baseada em ecossistema (AbE). Por sua vez, as medidas não estruturais visam reduzir o desastre por meio de gestão administrativa, normas, regulamentações ou programas, abrangendo as áreas de design e manutenção, de planejamento, de seguros e de gestão de sistemas.

No contexto do setor portuário, Scott *et al.* (2013) apontam que a implementação de ações de adaptação tem a finalidade de tomar medidas práticas para reduzir a vulnerabilidade às ameaças climáticas ou identificar oportunidades de aumentar a resiliência as mudanças do clima, podendo abranger tecnologia, mudança de engenharia, concepção e manutenção, planejamento, medidas de seguro e alteração do sistema de gestão.

Diante disso, os portos devem tomar medidas eficazes de adaptação para assegurar a continuidade das operações e fornecer um serviço de qualidade (Ng *et al.*, 2018), mesmo sob condições climáticas extremas. Yang *et al.* (2018) apontam que a incapacidade dos portos de se adaptarem aos riscos climáticos constitui-se um problema contemporâneo significativo. Dessa forma, considerando o cenário atual, marcado pelo aumento dos eventos climáticos extremos, a adaptação torna-se uma ação urgente.

5.1 :: Levantamento de Medidas de Adaptação para o Setor Portuário

Previamente à escolha das medidas de adaptação é fundamental a compreensão dos riscos climáticos atuais e futuros no contexto do setor portuário. Essa compreensão envolve o levantamento das ameaças climáticas pelas quais o setor está e poderá estar exposto, bem como das suas vulnerabilidades frente a essas ameaças. Assim, compreendendo os riscos atuais e futuros é possível identificar e avaliar as opções de adaptação para reduzir os riscos mais elevados (SCOTT *et al.*, 2013).

Em vista disso, o processo de levantamento de medidas de adaptação levou em consideração as ameaças climáticas analisadas e as medidas de adaptação classificadas como estruturais e não estruturais, apresentadas. Os dados foram extraídos do questionário eletrônico já apresentado anteriormente e cujas respostas foram validadas no 2º *Workshop* “Apresentação dos Resultados do Formulário e Definição dos Pesos dos Indicadores de Risco”, realizado no dia 26 de novembro de 2020.

O levantamento das medidas de adaptação foi realizado por meio de uma revisão bibliográfica de experiências realizadas nos contextos nacional e internacional em portos que já enfrentam esses riscos climáticos, e por meio do levantamento documental das ações e medidas existentes nos portos analisados.

Foram levantadas e sistematizadas, em uma lista longa e não exaustiva, 53 medidas de adaptação para os portos (Tabela 61). Conforme apontado anteriormente, as medidas apresentadas foram classificadas em “estruturais” e “não estruturais”, com indicação de qual(is) ameaça(s) climática(s) elas visam atender. Na Tabela 61, também é possível observar a descrição da medida, a referência consultada, as observações existentes sobre a medida registrada em cada uma dessas referências, a classificação em relação ao Plano Mestre e o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário (PDZ) e as possíveis barreiras existentes para a implementação da medida.

Em relação ao Plano Mestre e ao PDZ, as medidas foram relacionadas de acordo com: I) Melhorias de Gestão, II) Melhorias Operacionais, III) Proposição de Investimentos Portuários, IV) Proposição de Investimentos em Acessos, V) Proposição de Reorganização de Áreas e VI) Ações Ambientais.

Quanto à identificação das possíveis barreiras existentes para a implementação das medidas de adaptação, foram considerados os seguintes critérios:

- **Barreira financeira:** requer análise de custo-benefício e capacidade financeira para investimento;
- **Barreiras legais/institucionais:** envolve a necessidade de passar por processo de licenciamento ambiental, dificuldade da realização de convênio com outras instituições, necessidade de interação e discussão com outras instituições, como por exemplo, com a Marinha, Órgão Gestor de Mão-de-Obra (OGMO) e o Ministério do Trabalho, e/ou falta de poder legal para alteração em normas técnicas.
- **Barreira técnica:** Envolvem a falta ou a insuficiência de habilidade técnica para o desenvolvimento de uma determinada ação, podendo ser necessário a contratação de terceiros;
- **Barreira contratual:** necessidade de reequilíbrio de contrato com arrendatários e operadores portuários;
- **Barreira política/social:** envolve a redução de trabalhadores portuários, o que pode acarretar uma pressão e possíveis conflitos, necessidade de reassentamento e pressão externa da comunidade, necessidade de discussão com os operadores portuários e com os arrendatários que podem ir contra essa medida;
- **Barreira física/tecnológica:** associadas ao desenvolvimento tecnológico e à disponibilidade tecnológica.

Tabela 61: Lista longa das medidas de adaptação para o setor portuário

MEDIDA	DESCRIÇÃO	AMEAÇA CLIMÁTICA	OBSERVAÇÕES	REFERÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO PDZ/PLANO MESTRE	BARREIRAS
ESTRUTURAL						
1	Adequação das estruturas para os novos padrões climáticos	Adequar o design das estruturas portuárias considerando os efeitos secundários das mudanças do clima visando aumentar a sua resistência e durabilidade. Por exemplo, maior resistência a corrosão.	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	Medida proposta no Relatório de Adaptação Climática do Port of Dover no Reino Unido.	(PORT OF DOVER, 2015)	Investimentos Portuários • Financeira • Técnica
2	Diversificação das ligações terrestres para o porto/terminal	Diversificar o acesso ao porto/terminal visto que alguns acessos poderão ter seu uso limitado devido a eventos extremos.	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	<ul style="list-style-type: none"> Medida proposta no Relatório de Adaptação Climática do Port of Felixstowe no Reino Unido e para 14 portos na Grande China. Medida apontada no questionário, mas ainda não adotada. 	<ul style="list-style-type: none"> (YANG <i>et al.</i>, 2018; PORT OF FELIXSTOWE, 2015) RETIRADA DO QUESTIONÁRIO 	Proposição de Investimentos em Acessos • Legais/institucionais • Financeira • Técnica • Física/tecnológica • Política/social
3	Aumento das dimensões das infraestruturas de abrigo	Aumentar as dimensões dos quebra-mares visando proteger as instalações portuárias e as embarcações atracadas do aumento das ondas decorrentes do aumento do nível do mar e das tempestades.	Tempestade e aumento do nível do mar	Medida proposta para 14 portos na Grande China.	(YANG <i>et al.</i> , 2018)	Investimentos Portuários • Financeira • Contratual
4	Construção de infraestruturas de abrigo	Construir novos quebra-mares visando reduzir os impactos nas instalações portuárias e nas navegações atracadas no porto ocasionados pelo aumento das ondas oriundas de tempestades e do aumento do nível do mar.	Tempestade e aumento do nível do mar	Medida proposta para 14 portos na Grande China.	(YANG <i>et al.</i> , 2018)	Investimentos Portuários • Financeira • Contratual • Legais/institucionais • Técnica
5	Reforço das estruturas de enrocamento	Reforçar estruturas de enrocamento existentes no porto para que elas resistam mais aos impactos do aumento do nível do mar e ondas mais fortes.	Aumento do nível do mar e ondas	Medida apontada como sendo "solução pontual".	(SCOTT <i>et al.</i> , 2013)	Investimentos Portuários • Financeira • Técnica
6	Automatização das tarefas logísticas	Automatizar as tarefas poderá remover a necessidade de cessar o trabalho durante os eventos extremos de tempestade e vendaval.	Tempestade e vendaval	Medida apontada como sendo "solução pontual".	(SCOTT <i>et al.</i> , 2013)	Melhoria Operacional • Financeira • Técnica • Contratual • Política/social
7	Implementação de VTMS	Implementar o Vessel Traffic Management System (VTMS) visto que tal sistema melhora a eficiência da movimentação de cargas, a utilização de recursos, da infraestrutura portuária e a organização do tráfego aquaviário na área de fundeio e no canal de acesso. Além disso, o sistema visa a segurança da navegação e proteção do meio ambiente nas áreas de intensa movimentação de embarcações ou risco de acidente. Por meio deste sistema os portos conseguem monitorar, em tempo real, dados metereceanográficos que auxiliam na tomada de ação frente à ocorrência de um possível evento extremo.	Tempestade e vendaval	Medida adotada apenas pelo porto de Vitória.	RETIRADO DO QUESTIONÁRIO	Melhoria Operacional • Técnica • Financeira
8	Reforço das infraestruturas de abrigo	Reforçar as armaduras de maciços de molhes e quebra-mares, com blocos artificiais visando proteger as instalações portuárias do aumento das ondas decorrentes do aumento do nível do mar.	Aumento do nível do mar	Medidas recomendadas no relatório Brasil 2040 para os portos de Fortaleza, Recife, Imituba e Rio Grande	(SAE/PR, 2015)	Investimentos Portuários • Legais/institucionais • Financeira • Técnica

MEDIDA	DESCRIÇÃO	AMEAÇA CLIMÁTICA	OBSERVAÇÕES	REFERÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO PDZ/PLANO MESTRE	BARREIRAS	
9	Alteamento das infraestruturas de abrigo	Altear os maciços de molhes e quebra-mares visando evitar o galgamento dessas infraestruturas, e, conseqüentemente, aumentar a segurança dos portos frente ao aumento do nível do mar e dos seus efeitos secundários, como por exemplo as inundações.	Aumento do nível do mar	Medidas recomendadas no relatório Brasil 2040 para os portos de Fortaleza, Recife, Imbituba e Rio Grande	(SAE/PR, 2015)	Investimentos Portuários	• Financeira • Técnica
10	Proteção das cargas contra inundações	Proteger as cargas contra inundações causadas pelo aumento do nível do mar, por meio da reorganização do armazenamento e disposição da carga mais vulnerável na área mais protegida (estratégia reversível); da implementação de uma proteção de emergência contra inundações (margem de segurança barata); do aumento da altura do muro marítimo; do aumento da altura da base dos armazéns.	Aumento do nível do mar	Medida apontada entre as medidas de "sem arrependimento" e de "baixo arrependimento" adotadas pelo Terminal Marítimo Muelles el Bosque Cartenga na Colombia.	(SCOTT <i>et al.</i> , 2013)	Investimentos Portuários e/ou Proposição de Reorganização de Áreas	• Financeira • Técnica • Contratual
11	Inclusão de projeções de aumento do nível do mar em futuras concepções de infraestruturas	Incluir a projeção de aumento do nível do mar em futuras concepções de infraestruturas portuárias de forma a assegurar que a infraestrutura construída poderá suportar os efeitos do aumento do nível do mar nos próximos anos, de acordo com o tempo considerado no projeto.	Aumento do nível do mar	Medida apontada como sendo "solução pontual".	(SCOTT <i>et al.</i> , 2013)	Melhoria Operacional	• Técnica
12	Adequação das estruturas do berço ao nível do mar	Adequar as estruturas do berço por meio de obras de melhoria da infraestrutura, visto que com o aumento do nível do mar o acesso de passageiros e as operações próximas ao berço serão dificultadas.	Aumento do nível do mar	Medida proposta no Relatório de Adaptação Climática do Port of Dover no Reino Unido.	(SCOTT <i>et al.</i> , 2013)	Investimentos Portuários	• Financeira • Técnica • Contratual
13	Aumento da cota de elevação do porto	Aumentar a cota de elevação do porto em busca de evitar que as infraestruturas e superestruturas de transporte do porto sejam inundadas.	Aumento do nível do mar	Medida proposta para 14 portos na Grande China.	(YANG <i>et al.</i> , 2018)	Investimentos Portuários	• Financeira • Técnica • Física/tecnológica
14	Ampliação do processo de dragagem	Ampliar a dragagem no porto visando reduzir o assoreamento nos canais dos portos.	Aumento do nível do mar	Medida proposta para 14 portos na Grande China.	(YANG <i>et al.</i> , 2018)	Melhoria Operacional	• Legais/institucionais • Financeira • Técnica • Física/tecnológica
15	Melhoria da qualidade dos acessos ao porto/terminal	Melhorar a qualidade dos acessos terrestre (estrada/ferrovia) que ligam ao porto/terminal visto que o acesso poderá ficar limitado devido a inundações resultantes do aumento do nível do mar.	Aumento do nível do mar	Medida proposta para 14 portos na Grande China.	(YANG <i>et al.</i> , 2018)	Melhoria Operacional	• Legais/institucionais • Financeira • Técnica • Física/tecnológica • Política/social
16	Consideração do aumento do nível do mar nos inventários de substituição e remodelação de infraestruturas	Considerar a elevação do nível do mar ao fazer inventários para substituição e remodelação de infraestruturas.	Aumento do Nível do Mar	Medida apontada no Relatório de Gerenciamento de Risco Climático do Porto de Manzanillo no México.	(CONNEL <i>et al.</i> , 2015)	Investimentos Portuários	• Técnica
17	Melhoria dos sistemas de drenagem	Melhorar os sistemas de drenagem internos ao porto no intuito de aumentar a capacidade máxima, e, conseqüentemente lidar com o aumento do fluxo de água (inundações) causados pelo aumento de eventos extremos de chuva.	Tempestade	• Medida apontada no Relatório de Gerenciamento de Risco Climático do Porto de Manzanillo no México como de alto custo e de alta eficácia. • Medida potencial listada para o porto de Itajaí, com custo definido como grave e dificuldade média de implementação.	• (CONNEL <i>et al.</i> , 2015; EKTA CONSULTORIA LTDA, 2021) • Projeto "Levantamento de Risco Climático Para o Porto de Itajaí/SC" assessorado pela GIZ.	Investimentos Portuários	• Financeira • Técnica

MEDIDA	DESCRIÇÃO	AMEAÇA CLIMÁTICA	OBSERVAÇÕES	REFERÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO PDZ/PLANO MESTRE	BARREIRAS	
18	Reforma de infraestruturas ou equipamentos vulneráveis às inundações	Reformar as estruturas ou equipamentos vulneráveis as inundações resultantes de eventos extremos de chuvas, em particular, infraestruturas críticas (ex: isolar equipamentos elétricos e usar materiais resistentes à água).	Tempestade	Medida apontada no Relatório de Gerenciamento de Risco Climático do Porto de Manzanillo no México como de baixo custo e de média eficácia	(CONNEL <i>et al.</i> , 2015)	Investimentos Portuários	<ul style="list-style-type: none"> • Financeira • Técnica • Contratual
19	Consideração do planejamento paisagístico ao nível da bacia hidrográfica e opções de adaptação baseadas no ecossistema para a redução do risco de inundações	Considerar o planejamento paisagístico ao nível da bacia hidrográfica e opções de adaptação baseadas no ecossistema (AbE) para a redução do risco de transbordamento do sistema de drenagem. Essa medida visa evitar potenciais impactos de inundações ocasionadas por eventos extremos de chuva.	Tempestade	Medida apontada no Relatório de Gerenciamento de Risco Climático do Porto de Manzanillo no México como de alto custo e média eficácia.	(CONNEL <i>et al.</i> , 2015)	Investimentos Portuários	<ul style="list-style-type: none"> • Financeira • Física/tecnológica • Política/social
20	Implementação de SuDS¹³	Implementar sistemas de drenagem sustentáveis (SuDS) tendo em conta os potenciais alterações na precipitação.	Tempestade	Medida apontada no Relatório de Gerenciamento de Risco Climático do Porto de Manzanillo no México como uma medida híbrida (combinação de infraestrutura cinza e verde), e de alto custo e média eficácia.	(CONNEL <i>et al.</i> , 2015)	Investimentos Portuários	<ul style="list-style-type: none"> • Técnica • Financeira
21	Utilização de monitores de ventos automáticos nos <i>shiploaders</i> (carregadores de navio)	Utilizar monitores de ventos automáticos nos carregadores de navio. Ao instalar os monitores de vendavais, os equipamentos (<i>shiploaders</i>) poderão ser desligados automaticamente quando a velocidade do vento atingir o limiar crítico de operação.	Vendaval	Medida apontada como sendo "sem arrependimento"	(SCOTT <i>et al.</i> , 2013)	Melhoria Operacional	<ul style="list-style-type: none"> • Contratual
NÃO ESTRUTURAL							
22	Modificação na disposição das estruturas na área do porto organizado	Modificar a disposição das estruturas de forma a afastar as instalações existentes de locais que são vulneráveis a riscos e impactos decorrentes da mudança do clima	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	Medida proposta para 14 portos na Grande China.	(YANG <i>et al.</i> , 2018)	Proposição de Reorganização de Áreas	<ul style="list-style-type: none"> • Financeira • Política/social
23	Trabalho em conjunto com seguradoras	Trabalhar em conjunto com seguradoras em cima de cenários possíveis, discutindo sobre as alterações no cadastro de riscos e nos sistemas de gerenciamento de emergências	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	Medida apontada como sendo "sem arrependimento" e "gestão adaptativa"	(SCOTT <i>et al.</i> , 2013)	Melhoria de Gestão	<ul style="list-style-type: none"> • Contratual
24	Adoção de seguro específico contra mudanças do clima	Adotar seguro específico contra mudanças do clima permite que os portos não possuam custos imprevistos devido a impactos resultantes da ocorrência de eventos extremos.	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	Medida apontada no questionário, mas ainda não adotada.	RETIRADO DO QUESTIONÁRIO	Melhoria de Gestão	<ul style="list-style-type: none"> • Financeira

¹³ Os Sistemas de Drenagem Sustentáveis (SuDS) são projetados para gerenciar os riscos de inundação e poluição resultantes do escoamento urbano e contribuir, sempre que possível, para a melhoria ambiental e a construção de lugares. Fonte: <https://www.local.gov.uk/topics/severe-weather/flooding/sustainable-drainage-systems>

MEDIDA	DESCRIÇÃO	AMEAÇA CLIMÁTICA	OBSERVAÇÕES	REFERÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO PDZ/PLANO MESTRE	BARREIRAS
25	Criação de uma rede para compartilhamento de informações	Criar uma rede entre os portos brasileiros em que seja possível o compartilhamento de informações, e desafios sobre adaptação à mudança do clima.	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	Medida inspirada na Iniciativa Climática Mundial dos Portos, a qual cinquenta e cinco dos protos mais importantes do mundo fazem parte.	(YANG <i>et al.</i> , 2018)	Melhoria de Gestão • Legais/ institucionais
26	Realização de reuniões para discutir a adaptação	Realizar discussões sobre a adaptação continuamente possibilita a frequente atualização das medidas de adaptação e avaliar a eficácia das medidas atualmente implementadas.	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	Medida adotada nos portos de Angra dos Reis, Cabedelo, Itajaí, Itaqui, São Francisco do Sul e São Sebastião.	RETIRADO DO QUESTIONÁRIO	Melhoria de Gestão • Legais/ institucionais
27	Abordagem da mudança do clima no plano estratégico do porto	Abordar mudanças climáticas no plano estratégico do porto de forma a prepará-lo aos eventos extremos.	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	Medida adotada nos portos de Cabedelo, Itajaí, Itaqui, Natal, Paranaguá, Santos.	RETIRADO DO QUESTIONÁRIO	Melhoria de Gestão • Legais/ institucionais • Técnica
28	Adoção de planejamento específico para mudança do clima	Adotar um planejamento específico para as mudanças do clima pode ser parte das medidas de gestão que aumentam a resiliência do setor portuário frente às mudanças do clima.	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	Medida adotada nos portos de Itajaí e Natal.	RETIRADO DO QUESTIONÁRIO	Melhoria de Gestão • Legais/ institucionais • Técnica
29	Inclusão de adaptação à mudança do clima no orçamento	Incluir adaptação à mudança do clima no orçamento de forma a evitar possíveis custos imprevistos devido a ocorrência de eventos extremos.	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	Medida adotada no porto de Itajaí.	RETIRADO DO QUESTIONÁRIO	Melhoria de Gestão • Legais/ institucionais • Financeira
30	Atualização diretrizes de projetos de engenharia para atender os novos padrões climáticos	Atualizar diretrizes de projetos de engenharia de forma a atender os novos padrões climáticos, e, conseqüentemente, conceber projetos resilientes à mudança do clima.	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	Medida adotada nos portos de Itajaí, Natal e São Sebastião.	RETIRADO DO QUESTIONÁRIO	Melhoria de Gestão • Legais/ institucionais
31	Registro de impactos relacionado às ameaças climáticas (datas, conseqüências ou custos)	Registrar os impactos relacionados às ameaças climáticas de forma a ter um histórico dos eventos já ocorridos e no porto. A partir desse histórico é possível compreender o comportamento dessas ameaças, desenvolver e implementar medidas.	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	Medida adotada apenas no porto de Itajaí para as ameaças de tempestade, vendaval e aumento do nível do mar.	RETIRADO DO QUESTIONÁRIO	Melhoria de Gestão • Legais/ institucionais • Técnica
32	Adoção de planos de ação emergencial/ protocolo de evacuação	Adotar planos de ação emergencial/protocolo de evacuação torna o porto mais preparado para agir em caso da ocorrência de eventos extremos, e, conseqüentemente, reduzir os impactos associados a esses.	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	• Medida adotada nos portos de Itajaí e Paranaguá para a ameaça de tempestades. • Para as ameaças de vendaval e aumento do nível do mar nenhum porto adota essa medida	RETIRADO DO QUESTIONÁRIO	Melhoria de Gestão • Legais/ institucionais • Técnica
33	Estabelecimento de um comitê de crise	Estabelecer um comitê de crise permanente é fundamental para centralizar, coordenar e direcionar as ações que devem ser adotadas no sentido de garantir a continuidade das operações definindo com antecedência as medidas de adaptação.	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	• Medida adotada nos portos de Itajaí e Paranaguá para a ameaça de tempestades e vendaval. • Para a ameaça de aumento do nível do mar apenas o porto de Itajaí adota essa medida.	RETIRADO DO QUESTIONÁRIO	Melhoria de Gestão • Legais/ institucionais

MEDIDA	DESCRIÇÃO	AMEAÇA CLIMÁTICA	OBSERVAÇÕES	REFERÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO PDZ/PLANO MESTRE	BARREIRAS	
34	Implementação de monitoramento meteorológico contínuo próprio/Cooperação com outras instituições	Implementar um monitoramento meteorológico contínuo próprio ou em cooperação com outras instituições, visto que esse monitoramento possibilita o porto a se adaptar melhor a eventos extremos.	Tempestade, vendaval e aumento do nível do mar	<ul style="list-style-type: none"> Medida adotada nos portos de Itajaí, São Francisco do Sul e São Sebastião para a ameaça de tempestade. Medida adotada nos portos de Itajaí, São Francisco do Sul, São Sebastião e SUAPE para a ameaça de vendaval 	RETIRADO DO QUESTIONÁRIO	Melhoria Operacional	<ul style="list-style-type: none"> Legais/institucionais Financeira
35	Realização de avaliações de operacionalidade	Realizar avaliações de operacionalidade para atracação e manobras para compreender os limiares operacionais.	Aumento do Nível do Mar e Tempestade	Medida apontada no Relatório de Gerenciamento de Risco Climático do Porto de Manzanillo no México.	(CONNEL <i>et al.</i> , 2015)	Melhoria Operacional	<ul style="list-style-type: none"> Legais/institucionais
36	Alteração do regime de trabalho durante eventos extremos	Alterar o regime de trabalho em prol da segurança dos trabalhadores durante os eventos extremos.	Tempestade e vendaval	Medida apontada como sendo de "baixo arrependimento".	(SCOTT <i>et al.</i> , 2013)	Melhoria de Gestão	<ul style="list-style-type: none"> Financeira Legais/institucionais
37	Estabelecimento de parcerias com estações meteorológicas locais	Estabelecer parcerias com estações meteorológicas locais permitindo o porto receber alertas sobre o tempo e se preparar previamente para as tempestades e vendavais.	Tempestade e vendaval	Medida apontada como sendo "sem arrependimento".	(SCOTT <i>et al.</i> , 2013)	Melhoria de Gestão	<ul style="list-style-type: none"> Legais/institucionais
38	Adoção de boas práticas de trabalho	Adotar boas práticas de trabalho por meio da capacitação dos trabalhadores portuários para operarem frente aos eventos extremos de clima propiciando a redução do risco por meio da adoção de boas práticas.	Tempestade e vendaval	Medida proposta no Relatório de Adaptação Climática do Port of Felixstowe no Reino Unido.	(PORT OF FELIXSTOWE, 2015)	Melhoria de Gestão	<ul style="list-style-type: none"> Legais/institucionais
39	Revisão dos limiares críticos operacionais para equipamentos de movimentação de carga	Revisar os limiares críticos operacionais para equipamentos de movimentação de carga visando evitar os prejuízos na ocorrência de eventos extremos de chuvas e ventos.	Tempestade e vendaval	Medida apontada no Relatório de Gerenciamento de Risco Climático do Porto de Manzanillo no México.	(CONNEL <i>et al.</i> , 2015)	Melhoria Operacional	<ul style="list-style-type: none"> Técnica
40	Revisão e Ajuste do Programa de Manutenção	Revisar o estudo de drenagem e ajustar o programa de manutenção e conservação a fim de garantir o potencial do sistema existente e, conseqüentemente, prevenir os prejuízos gerados pelas inundações resultantes de eventos extremos de chuvas.	Tempestade	Medida apontada no Relatório de Gerenciamento de Risco Climático do Porto de Manzanillo no México como de baixo custo e média eficácia.	(CONNEL <i>et al.</i> , 2015)	Melhoria de Gestão	<ul style="list-style-type: none"> Técnica
41	Engajamento das partes interessadas para planejar opções de gerenciamento de inundação	Engajar as partes interessadas para planejar opções de gerenciamento de inundações resultantes do aumento de eventos extremos de chuva.	Tempestade	Medida apontada no Relatório de Gerenciamento de Risco Climático do Porto de Manzanillo no México como sendo "no-regret (sem arrependimento)"	(CONNEL <i>et al.</i> , 2015)	Melhoria de Gestão	<ul style="list-style-type: none"> Legais/institucionais
42	Revisão dos sistemas de alerta	Revisar os sistemas de alerta de inundações e identificar as áreas para melhoria em vista do aumento do risco de tempestades. Os sistemas de aviso podem ser utilizados para informar as pessoas na área de movimentação portuária sobre riscos de inundação e evacuar a área, caso necessário.	Tempestade	Medida apontada no Relatório de Gerenciamento de Risco Climático do Porto de Manzanillo no México como sendo "no-regret (sem arrependimento)"	(CONNEL <i>et al.</i> , 2015)	Melhoria Operacional	<ul style="list-style-type: none"> Técnica
43	Adequação do armazenamento das cargas sensíveis a tempestade	Adequar o armazenamento de cargas sensíveis a inundação e tempestades (carga vegetal, por exemplo) para áreas abrigadas.	Tempestade	Medida proposta no Relatório de Adaptação Climática do Port of Felixstowe no Reino Unido.	(PORT OF FELIXSTOWE, 2015)	Melhoria Operacional	<ul style="list-style-type: none"> Financeira

MEDIDA	DESCRIÇÃO	AMEAÇA CLIMÁTICA	OBSERVAÇÕES	REFERÊNCIA	CLASSIFICAÇÃO PDZ/PLANO MESTRE	BARREIRAS	
44	Uso de EPI exclusivo para áreas alagadas	Utilizar equipamentos exclusivos para áreas alagadas, os quais, são preparados para contato com alto volume de água propiciará maior segurança aos trabalhadores durante tempestades.	Tempestade	Medida apontada como realizada para o porto de Itajaí, com custo definido como leve e dificuldade baixa de implementação.	Projeto "Levantamento de Risco Climático Para o Porto de Itajaí/SC" assessorado pela GIZ.	Melhoria de Gestão	• Política/social
45	Implementação dos sistemas de alerta	Implementar os sistemas de alerta para ventos fortes.	Vendaval	Medida apontada como potencial para o porto de Itajaí, com custo definido como leve e dificuldade baixa de implementação.	Projeto "Levantamento de Risco Climático Para o Porto de Itajaí/SC" assessorado pela GIZ.	Melhoria Operacional	• Financeira
46	Implementação de sistema de previsão da velocidade do vento	Implementar sistema de previsão da velocidade do vento no porto/terminal de forma a melhorar o controle de eventos extremos de vento e, assim, adotar medidas proativas adequadas.	Vendaval	Medida apontada no Relatório de Gerenciamento de Risco Climático do Porto de Manzanillo no México.	(CONNEL <i>et al.</i> , 2015)	Melhoria Operacional	• Técnica
47	Redução da altura de empilhamento dos containers	Reduzir a altura dos containers, sobretudo aqueles que estão vazios diminuirá a possibilidade de eles tombarem durante um evento extremo de vento.	Vendaval	Medida apontada como sendo "sem arrependimento" e "gestão adaptativa"	(SCOTT <i>et al.</i> , 2013)	Melhoria Operacional	• Legais/institucionais
48	Revisão dos sistemas de frenagem e de fixação das gruas	Rever e melhorar os sistemas de frenagem e de fixação das gruas de forma a evitar possíveis acidentes devido ao aumento de evento extremo de ventos no porto.	Vendaval	Medida apontada no Relatório de Gerenciamento de Risco Climático do Porto de Manzanillo no México.	(CONNEL <i>et al.</i> , 2015)	Melhoria Operacional	• Financeira • Física/tecnológica • Política/social
49	Revisão de correias, sistemas de iluminação e infraestruturas gerais	Rever e atualizar correias, sistemas de iluminação, infraestruturas gerais para melhor suportar evento extremo de vento.	Vendaval	Medida apontada no Relatório de Gerenciamento de Risco Climático do Porto de Manzanillo no México.	(CONNEL <i>et al.</i> , 2015)	Melhoria Operacional	• Técnica
50	Plano de manutenção e contingência dos equipamentos	Planejar a manutenção periódica para evitar o desgaste dos equipamentos de içamento em decorrência dos vendavais.	Vendaval	Medida realizada no porto de Itajaí, com custo definido como leve e dificuldade baixa de implementação.	Projeto "Levantamento de Risco Climático Para o Porto de Itajaí/SC" assessorado pela GIZ.	Melhoria de Gestão	• Legais/institucionais
51	Aprimoramento da gestão para a prevenção de riscos de vendavais	Aprimorar a gestão responsável pela prevenção de riscos de vendavais em busca de reduzir o tempo de inatividade da operação portuária devido a ventos fortes.	Vendaval	Medida proposta para 14 portos na Grande China.	(YANG <i>et al.</i> , 2018)	Melhoria de Gestão	• Técnica
52	Monitoramento do vento na área portuária/operacional	Monitorar a velocidade dos ventos na área portuária/operacional visando garantir a operação em limiares de segurança.	Vendaval	Medida realizada no porto de Itajaí, com custo definido como leve e dificuldade baixa de implementação.	Projeto "Levantamento de Risco Climático Para o Porto de Itajaí/SC" assessorado pela GIZ.	Melhoria Operacional	• Legais/institucionais • Financeira
53	Monitoramento do vento pelo equipamento de içamento	Monitorar a velocidade do vento pelo equipamento de içamento permite identificar os limiares críticos de operação e interromper a operação quando necessário.	Vendaval	Medida potencial listada para o porto de Itajaí, com custo definido como grave e dificuldade média de implementação.	Projeto "Levantamento de Risco Climático Para o Porto de Itajaí/SC" assessorado pela GIZ.	Melhoria Operacional	• Financeira

5.2 :: Seleção e Priorização das Medidas de Adaptação

A adaptação à mudança do clima deve ser pensada levando em consideração as características específicas de cada contexto, logo as ações de adaptação genéricas não devem ser adotadas sem uma investigação apropriada do local (McEvoy e Mullet, 2013). Nesse sentido, visando alcançar as ações que se aproximam mais da realidade e do interesse de cada porto, torna-se necessário um processo de seleção e priorização das ações, que pode ser realizado a partir da lista longa apresentada.

Alguns métodos podem ser aplicados para auxiliar no processo de seleção e priorização, como por exemplo, a análise multicritérios. Esse tipo de análise constitui um instrumento de apoio à tomada de decisão que permite comparar medidas heterogêneas por meio da combinação de diferentes critérios.

Scott *et al.*, (2013) apontam que existem diversos critérios financeiros e não financeiros pelos quais as opções de adaptação podem ser avaliadas e, que podem ser adotadas pelos portos no momento de priorizar as medidas, sendo eles:

- **Custos:** não se refere apenas aos custos econômicos imediatos da opção, mas também aos prováveis custos contínuos, bem como os custos sociais e ambientais associados;
- **Eficácia:** a opção de adaptação deve alcançar o objetivo declarado;
- **Eficiência:** os benefícios da opção devem ser maiores do que os custos;
- **Equidade:** a opção de adaptação não deverá afetar negativamente outras áreas ou pessoas;
- **Prioridade:** os riscos extremos devem ser tratados com urgência;
- **Cobenefícios:** as opções de adaptação podem ser capazes de se beneficiar de oportunidades, que conduzem a benefícios ambientais, sociais ou econômicos;
- **Má adaptação:** as opções não devem bloquear os resultados, limitar futuras opções de adaptação ou impactar negativamente outras áreas ou pessoas.

Ainda, de acordo Scott *et al.*, (2013) as análises de custo-benefício e de custo-efetividade podem auxiliar no processo de priorização e seleção das medidas. A análise de custo-benefício ajuda a compreender se os benefícios financeiros totais de uma adaptação selecionada excedem os custos monetários, sendo melhor empregada onde as ações têm objetivos focalizados e onde os custos e benefícios monetários podem ser gerados. Já a análise de custo-efetividade ajuda a comparar os custos e resultados relativos de duas ou mais alternativas, sendo seu uso mais apropriado quando os valores monetários são difíceis de determinar.

Os critérios devem ser determinados para cada caso e avaliados de acordo com a sua relevância para a tomada de decisão, a partir da atribuição de valores (pesos) para cada um deles. Um exemplo seria: três pontos para medidas que atendem muito bem aos critérios, dois pontos para as que atendem bem e um ponto para as que atendem mal. Ademais, é possível estabelecer critérios mais importantes, que têm um peso maior que os demais, valendo o dobro, por exemplo. Com base nesse processo, avaliam-se as opções elencadas para determinar quais medidas serão implementadas e em que ordem.

Importante destacar que há um conjunto de medidas de adaptação que têm um bom desempenho face às incertezas futuras sobre as alterações climáticas e que, portanto, podem auxiliar no processo de priorização das ações, sendo elas (CONNEL *et al.*, 2015):

- **Não arrependimento (*No regret*):** possuem benefícios que compensam os custos envolvidos para a sua implementação independentemente da extensão das alterações do clima;
- **Baixo arrependimento (*Low regret*):** ações que possuem custos baixos e acarretam grandes benefícios em relação a mudança do clima, possuindo benefícios potencialmente grandes. Essas ações estão mais frequentemente disponíveis na fase de concepção para novos ativos, quando a capacidade extra para lidar com as mudanças climáticas futuras pode ser construída de forma mais eficiente do que a adoção, tardia, de um processo de melhoria de instalações ou modernização de equipamentos;
- **Gestão adaptativa/Flexível (*Adaptive management/flexible*):** abordagem em que as ações de adaptação são aplicadas de forma crescente em resposta à mudança das condições ou de novos conhecimentos, permitindo que as decisões mais adequadas sejam tomadas em cada momento, com base nas últimas evidências. Estas são medidas que podem ser implementadas de forma crescente, em vez da adoção de soluções de adaptação "únicas" e dispendiosas. Por exemplo, adiar medidas enquanto se exploram opções e se trabalha com outras partes interessadas para encontrar as soluções mais adequadas podem ser uma abordagem viável para assegurar que o nível adequado de resiliência climática seja atingido quando necessário;
- **Ganha-Ganha (*Win-win*):** ações que contribuem para a adaptação climática ao mesmo tempo que fornecem outros benefícios ambientais, sociais e econômicos. Exemplo disso é a proteção aos manguezais, a qual pode promover a proteção costeira contra os riscos de erosão e inundação em consequência de tempestades, ao mesmo tempo que promove a biodiversidade e protege os meios de subsistência de uma determinada comunidade.

Por último, para facilitar o processo de decisão, principalmente em um cenário de diversidade de opções, Scott *et al.* (2013) e Connel *et al.* (2015) apontam alguns princípios base para uma adaptação eficaz que podem ser utilizados como guia de boas práticas e implementação de ações nos portos. Ressalta-se que alguns desses princípios foram utilizados no processo de construção do Plano de Adaptação do Porto de Manzanillo, localizado no México. Seguem abaixo as diretrizes:

- I. Assegurar a compreensão por parte da alta gestão e o compromisso de adaptação;
- II. Construir ou assegurar a capacidade técnica apropriada para assumir riscos climáticos e para ajudar na implementação de ações de adaptação, e monitoramento contínuo;
- III. Trabalhar em parceria em busca de resultados mais eficazes na identificação de sinergias em objetivos de adaptação a fim de evitar possíveis conflitos;
- IV. Gerir primeiro os riscos de maior prioridade, de uma forma equilibrada com riscos não climáticos. As ações de adaptação devem priorizar, primeiramente, as áreas onde a vulnerabilidade atual é elevada.
- V. Utilizar princípios de gestão adaptativa para lidar com a incerteza: tomada de decisões iterativas, incorporação de feedback e testes/atualizações de hipóteses;
- VI. Procurar opções de adaptação que têm um bom desempenho sob condições de incerteza: sem/baixo arrependimento, ganha-ganha, e gestão adaptativa;

- VII. Evitar ações que limitem futuras opções de adaptação (má adaptação);
- VIII. Assegurar que a adaptação é eficaz e revista regularmente, reduzindo os riscos sem introduzir efeitos não intencionais;
- IX. Assegurar que a adaptação é eficiente — os benefícios a longo prazo compensam os custos;
- X. Assegurar que as medidas de adaptação sejam equitativas - os efeitos de diferentes medidas de adaptação e os custos devem ser considerados entre diferentes grupos/setores;
- XI. Considerar ações que envolvam os serviços ambientais, como por exemplo, a Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE);
- XII. Assegurar que as medidas de adaptação do porto estejam alinhadas com os quadros políticos federais, estaduais e municipais em matéria de mudanças do clima.

6 :: Considerações Finais

O presente relatório apresentou os resultados do projeto de análise dos riscos climáticos relevantes ao setor portuário da costa brasileira, bem como a ameaça, exposição e vulnerabilidade dos portos. Ademais, efetuou-se o levantamento de uma série de medidas de adaptação para o setor portuário brasileiro, com base em referências bibliográficas internacional e nacional e análise documental de iniciativas existentes nos portos.

A fim de sumarizar os principais resultados encontrados, a seguir são apresentadas as conclusões extraídas para cada pergunta norteadora:

(1) Quais são os impactos (danos e prejuízos) que o setor portuário costeiro brasileiro tem sofrido devido à eventos climáticos?

A análise dos impactos foi realizada considerando as estruturas, operações e cadeia logística portuária em relação as nove ameaças analisadas: ressacas, inundações costeiras e fluviais, erosão costeira, neblina, ondas de calor, vendavais, tempestades e aumento do nível do mar. Para todas as três frentes analisadas as ameaças climáticas responsáveis pelo maior número de registros de impactos foram os vendavais e tempestades.

A frente mais impactada por essas ameaças foram as operações, visto que mais portos registraram impactos classificados como severo e catastrófico. Essa classificação indica que houve parada total das atividades por até 10 dias, ou mais, no caso das situações catastróficas, gerando atraso nas operações, perda de produtividade, e prejuízos para cadeia logística.

O reflexo dos impactos na cadeia logística é observado nas respostas do porto. A título de exemplo, os impactos classificados como catastróficos na operação da entrada e saída dos navios devido às tempestades refletiu nas respostas do porto para o impacto do acesso aquaviário, em que apontaram a ocorrência de impactos catastróficos. Esse impacto significa que alguns portos já tiveram seu acesso aquaviário interrompido por mais de 24 horas.

Em relação às estruturas, os impactos devido a tempestades e vendavais concentraram-se no pátio de armazenamento e equipamentos de movimentação de cargas. Os impactos mais sérios, classificados como severos e catastróficos representam que o porto já passou por uma reforma que afe-

tou alguma atividade por mais de 10 dias, e no último caso, a estrutura portuária teve perda total. Ressalta-se que o número de registros de impactos reduzidos em relação a operação ocorre devido a uma questão de segurança e atendimento às normas, a quais determinam que a operação deve parar antes que as ameaças climáticas causem danos e prejuízos catastróficos às estruturas.

Um número considerável de portos não apontou ocorrência de impactos nas suas operações, estruturas e cadeia logística. Esse resultado pode ser explicado por algumas hipóteses: os portos não possuem um controle dos registrados de impactos; os portos não estão expostos às ameaças climáticas analisadas; os portos não são vulneráveis às ameaças climáticas analisadas.

(2) A frequência dos impactos está aumentando/diminuindo?

De acordo com as respostas dos 21 portos públicos analisados, a frequência dos impactos gerados pelas tempestades, vendavais, ressacas e neblina está aumentando, ocorrendo pelo menos 1 vez por ano. Dentre essas, as tempestades e vendavais são as mais relevantes, tendo mais portos registrando o aumento dessa frequência.

A falta de um controle dos registros dos impactos por parte dos portos analisados prejudica uma melhor compreensão se a frequência dos impactos está aumentando ou diminuindo. Entretanto, apesar de não conseguir atingir uma afirmação conclusiva se a frequência das ameaças climáticas analisadas está aumentando ou diminuindo por meio das respostas dos 21 portos públicos analisados, e, conseqüentemente, dos impactos causados por elas, essas respostas podem ser utilizadas como indícios.

(3) Quais são as ameaças climáticas que afetam os portos da costa brasileira

Os resultados mostraram que algumas ameaças foram pouco relatadas e não se revelaram de grande relevância para os portos, sendo elas: aumento do nível do mar, inundação fluvial e costeira e ondas de calor. O aumento do nível do mar foi apontado apenas pelos portos de Aratu-Candeias, de Salvador e de Itaqui, com a ressalva de que para este último não foi apontado o grau de impacto nem a frequência da ameaça. As ondas de calor foram relatadas apenas por Santos e Paranaguá. As inundações costeiras foram registradas somente pelos portos de Itajaí e Angra dos Reis. Por último, as inundações fluviais foram registradas pelos portos de Itajaí e Rio Grande. No caso das inundações fluviais é interessante apontar que apesar dos portos de Natal e Cabedelo se situarem na foz de rios, eles não apresentaram registros de cheias.

De forma geral, a partir da análise conjunta das questões (9, 11, 17 e 22) foi possível verificar que as ameaças climáticas que mais afetam tanto a infraestrutura quanto a operação e logística dos portos consultados são as tempestades/chuvas torrenciais, os vendavais e as ressacas.

É interessante apontar que por meio dos resultados foi possível verificar que as ameaças e impactos estão diretamente relacionadas à posição geográfica e localização (exposição) de cada porto. Os localizados nas regiões Sul e Sudeste são mais impactados por vendavais e tempestades/chuvas torrenciais e neblina. Já os portos localizados na região Nordeste são mais impactados por vendavais e ressacas.

(4) Quais são os limiares críticos para cada ameaça climática relacionada a cada impacto climático?

Os limiares críticos apresentados pelos portos indicam que não há registro de fontes ou embasamento técnico para sua definição, sugerindo certo grau de empirismo a partir de eventos históricos. Ainda, a inexistência de monitoramento de informações climáticas pela grande maioria dos portos analisados dificulta a definição desses limiares. Destaca-se que por meio dos resultados foi possível observar que os portos de maior relevância, em termos de movimentação de cargas, possuem mais informações sobre os limiares críticos e informações climáticas.

O resultado da pesquisa revelou lacunas importantes em termos de monitoramento de ameaças climáticas para portos de diferentes tamanhos e em todas as regiões pesquisadas do país, com implicações para o estado presente da gestão de risco climático e planejamento de adaptação

(5) A frequência das ameaças climáticas está aumentando/diminuindo?

Com base na análise de tendência (seção 4.1.1), conclui-se que para a ameaça de tempestade os portos de Ilhéus, Natal e Rio Grande já demonstram aumento na frequência de dias com extremos chuvosos (R99p). No entanto, apesar de Cabedelo não apresentar tendência para o R99p, é observado um aumento na tendência do índice de máxima precipitação diária (RX1day). Em relação a ameaça de vendaval, conclui-se que os portos de Cabedelo, Fortaleza, Itaqui, Natal, Recife e SUAPE já apresentam um aumento na tendência de ocorrência de ventos extremos.

Esta análise de tendência para os indicadores de tempestade e vendaval aponta que os portos citados já são impactados por essas ameaças no período presente.

(5) A frequência dessas ameaças climáticas irá aumentar/diminuir no futuro?

Baseado nos cenários de mudança do clima (seção 4.1.2), conclui-se que para a ameaça de tempestade considerando o RCP 4.5 o porto de Itaqui apresenta aumento na probabilidade de ocorrência de tempestade nos dois horizontes temporais e os portos de Niterói e Rio de Janeiro apenas em 2030. Ainda considerando o cenário de emissão RCP 4.5, o porto de Santos apresenta redução na probabilidade de ameaça para o período de 2050. Já considerando o RCP 8.5, os portos de Santos e São Francisco do Sul apresentam diminuição na probabilidade de ocorrência no horizonte temporal de 2030, enquanto, o porto de Itaqui indica aumento em ambos os períodos, Recife no período de 2030 e os portos de Niterói e Rio de Janeiro no período de 2050.

Em relação à ameaça de vendaval, identificou-se um aumento na probabilidade de ocorrência para os portos de Cabedelo, Fortaleza, Natal, Niterói, Recife, Rio de Janeiro e SUAPE considerando ambos os cenários de emissões (RCP4.5 e RCP8.5) e horizontes temporais. Para os portos de Aratu-Candeias, Ilhéus, Salvador e Vitória, identificou-se um aumento para o RCP8.5 em 2050, e somente Vitória apresenta o mesmo sinal de mudança para o RCP4.5.

O aumento na ocorrência das ameaças climáticas para os portos mencionados acima, identificado através de análise de tendência com dados observacionais e cenários de mudança do clima derivados de modelo, indicam que poderão sofrer mais com as ameaças de tempestades e vendavais, podendo ser considerados prioritários em termos de medidas de adaptação. Por

outro lado, recomenda-se também considerar os portos que, apesar de não serem classificados como sujeitos a uma ameaça muito alta, tiveram uma variação alta quando comparado os dados do período observacional com os projetados. Isso porque, mesmo não havendo uma ameaça alta para tais portos, a variação da ameaça de forma brusca pode gerar impactos não previstos e gerenciados. Vale ressaltar que a abordagem utilizada para o aumento do nível do mar não permitiu a análise em relação a frequência.

Para os portos em que há e haverá a presença do aumento do nível do mar, é importante observar os efeitos secundários gerados por essa ameaça. Segundo o Wong *et. al* (2014), a elevação relativa do nível do mar pode gerar impactos adversos nos sistemas costeiros e nas zonas baixas, tais como: submersão, inundações costeiras, e erosão costeira. Assim, ao analisar as ações de adaptação em relação a essa ameaça climática, é fundamental um olhar holístico, levando em consideração não somente os efeitos do aumento do nível do mar, mas também outros fatores locais, como por exemplo, a subsidência do solo que ocorre em algumas localidades.

(6) Quais são os horizontes temporais das tomadas de decisão (do planejamento setorial, da gestão e da operação)?

O horizonte temporal para as tomadas de decisão do planejamento do setor portuário varia de porto a porto. Os resultados levantados na seção 3.3.2 – *Análise geral* mostram que na maioria dos portos o horizonte temporal para o planejamento de aumento de capital, expansão e manutenção é de 1 a 5 anos (curto prazo). Apenas o porto de Itajaí possui um planejamento de mais de 30 anos (longo prazo) para o planejamento de aumento de capital, expansão e manutenção. Destaca-se que alguns portos apontaram não possuir nenhum planejamento, o que pode ser um risco no ponto de vista da gestão da infraestrutura, dado que, a não realização de investimentos periódicos pode ocasionar na degradação e perda da capacidade produtiva do porto.

Assim, entende-se que a análise de risco climático deve ser integrada no planejamento estratégico do porto, com o objetivo de auxiliar na adoção de horizontes temporais mais apropriados para o planejamento de investimentos em ações proativas e em reposição e manutenção de infraestruturas portuárias.

(7) Qual o nível de vulnerabilidade e exposição dos portos às ameaças climáticas?

Previamente à apresentação do nível de exposição e vulnerabilidade dos 21 portos públicos analisados, é importante ressaltar que esse resultado é reflexo dos indicadores intermediários selecionados e da disponibilidade de informações. Ressalta-se que essas informações devem ser revistas, atualizadas e monitoradas, para assim, ter um gerenciamento das mudanças no nível de exposição e vulnerabilidade dos portos.

Conforme os resultados apresentados para o indicador de exposição (ver seção 4.2), os portos de Aratu-Candeias, Itaquí, Paranaguá, Rio Grande, Santos e SUAPE apresentam um nível de exposição “muito alta” para todas as ameaças climáticas analisadas. Isso indica que esses seis portos possuem mais ativos econômicos expostos e, conseqüentemente, estão mais suscetíveis a sofrerem prejuízos.

Em relação à vulnerabilidade (ver seção 4.3) é notável a ausência de portos com vulnerabilidade classificada como “muito alta”. O Porto de São Francisco do Sul merece destaque nesse indicador

em virtude de obter uma vulnerabilidade classificada como “alta” tanto para tempestades quanto para vendavais devido a sua alta sensibilidade perante ambas as ameaças.

A vulnerabilidade elevada é reflexo da baixa adoção de medidas estruturais e de gestão em resposta às ameaças climáticas e aos possíveis impactos decorrentes. Isso porque, ao analisar discriminadamente o indicador de vulnerabilidade, observou-se que a maioria dos portos, com exceção ao porto de Itajaí, obtiveram resultados baixos para a capacidade adaptativa. Portanto, ressalta-se a necessidade do investimento em medidas estruturais e de gestão no aumento da capacidade adaptativa dos portos, e, conseqüentemente, na redução da vulnerabilidade.

Os resultados para vulnerabilidade reforçam a questão de que a adaptação deve ser pensada de forma individualizada, pois mesmo os portos localizados em uma mesma região possuem particularidades intrínsecas às suas operações que os tornam menos ou mais vulneráveis a um evento extremo. Por exemplo, apesar dos portos de Aratu-Candeias e Salvador estarem localizados na região Nordeste do país e na mesma baía, a Baía de Todos os Santos, o fator que os tornaram vulneráveis em relação às tempestades, vendavais e aumento do nível do mar não foi o mesmo.

(8) Quais informações climáticas os portos utilizam para as tomadas de decisão?

Por meio dos resultados extraídos do questionário, foi possível observar que a grande maioria dos portos não realiza o monitoramento das informações climáticas. Em relação às ameaças analisadas, tem-se o seguinte:

- **Precipitação:** apenas 10 portos realizam o monitoramento, sendo que desses somente 4 possuem estação meteorológica própria;
- **Velocidade e direção dos ventos:** 12 portos responderam que realizam o monitoramento, dos quais, apenas 4 possuem estação própria;
- **Nível do Mar:** 12 portos responderam que realizam o monitoramento, sendo que desses, apenas 4 possuem estação própria.

Essa situação, onde poucos portos possuem uma estação meteorológica própria, aponta para uma falta de governança dos dados climáticos, e, conseqüentemente, a grande maioria dos portos analisados não utiliza as informações climáticas nas suas tomadas de decisões. Esse cenário, somado à verificação, também por meio do formulário, de que apenas seis portos incluem as mudanças do clima em seus planos estratégicos, demonstra o baixo uso de informações climáticas nas tomadas de decisões pelos portos.

(11) Qual é o nível de risco climático (ameaça x vulnerabilidade x exposição) dos portos à nível nacional?

A análise do índice de risco climático não apresenta um padrão de aumento ou diminuição do risco por região. Em uma mesma região geográfica foi possível identificar portos com diferentes níveis de risco de tempestades, vendavais e aumento do nível do mar. Por exemplo, enquanto o porto de Aratu-Candeias obteve um índice de risco classificado como “muito alto” para tempestades, o porto de Ilhéus obteve um índice classificado como “médio”. Por outro lado, é interessante

apontar que ao observar os portos que obtiveram os maiores índices de risco de tempestades e vendavais, nota-se que eles estão, em maior quantidade, localizados na região nordeste.

Os resultados do ranking, considerando o período de 2050 e o cenário de emissão RCP 8.5, apontam que os seguintes portos foram observados dentre os cinco primeiros com maiores índices de risco para mais de uma das ameaças analisadas: Aratu-Candeias (tempestade – 2º lugar e aumento do nível do mar – 1º lugar), Rio Grande (tempestade – 1º lugar e aumento do nível do mar – 2º lugar), Recife (tempestades – 5º lugar e vendavais – 1º lugar), Santos (vendavais – 3º lugar e aumento do nível do mar – 4º lugar), São Francisco do Sul (tempestades – 4º lugar e aumento do nível do mar – 5º lugar). Destaca-se que ao comparar os cinco primeiros lugares no ranking do período de 2050 no cenário de emissão RCP 4.5 e RCP 8.5 foi possível observar que não houve modificações bruscas na posição dos portos. Para as ameaças de tempestades e vendavais, ao menos quatro portos que ficaram entre os cinco primeiros no cenário RCP 4.5 mantiveram-se entre as cinco primeiras posições no cenário RCP 8.5, enquanto para o aumento do nível do mar os portos mantiveram-se na mesma posição. Assim, esses resultados se apresentam pertinentes para a tomada de decisão dos portos que poderão ser selecionados para o próximo eixo de estudo.

Ressalta-se que a partir dos resultados expostos faz-se importante analisar quais portos estão expostos a mais de um risco climático, especialmente, para seleção de medidas de adaptação, visto que essa análise auxilia os portos na decisão de selecionarem aquelas que gerem benefícios contra mais de um risco climático. A título de exemplo, como os portos de Imbituba, Paranaguá, Recife, Rio Grande e Santos apresentaram índices de risco climático classificados de “alto” a “muito alto” para as três ameaças analisadas em todos os períodos e cenários analisados, tais portos devem priorizar medidas que possuem potencial de prevenir e mitigar esses três possíveis riscos.

(12) A partir de experiências nacionais, e internacionais já documentadas, quais medidas de adaptação são recomendadas?”

Conforme explicado na seção 5.2 é importante apontar que essas medidas devem passar por um processo de seleção e priorização, visto que cada porto possui seus próprios critérios para selecionar essas medidas e grau de risco climático diferenciado.

Previamente à implementação das medidas de adaptação é imprescindível que se verifique a sua viabilidade em harmonia com instrumentos de planejamento, como por exemplo, o Plano Mestre e o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário (PDZ), tendo em vista que são esses planos que definem as ações que os portos irão adotar em um cenário de curto, médio e longo prazo. Os autores Connel *et al.* (2015) reforçam essa questão ao dizer que a adoção de medidas de adaptação deve estar integrada com as necessidades dos portos e inclusas nos planos, procedimentos operacionais e projetos futuros.

Por meio da análise realizada foi possível identificar que muitas estratégias de adaptação possuem uma barreira financeira envolvida. Becker *et al.* (2018) apontam que apesar da implementação de estratégias de adaptação ser dispendiosa, alguns portos podem constatar que a resiliência proporciona uma vantagem competitiva. Por exemplo, alguns exportadores podem sentir-se mais confortáveis a investir em um "porto preparado para o clima". Além disso, apesar do montante de investimento em algumas estratégias de adaptação possa ser elevado, muitas vezes é inferior aos gastos totais com reparos e ainda reduz significativamente os danos e impactos na

infraestrutura portuária e no ambiente e comunidades circundantes na situação de ocorrência de um evento extremo. Uma outra questão está relacionada aos prêmios de seguros, que podem variar de acordo com a implementação ou não de medidas de adaptação.

Uma sugestão apresentada para superar essas questões é priorizar a seleção de medidas que tenham um bom desempenho sob condições de incerteza, sendo elas: sem/baixo arrependimento, ganha-ganha e flexível. A escolha desses tipos de medidas é considerada como um dos princípios fundamentais para promover uma adaptação eficaz.

Ressalta-se que uma adaptação eficaz no porto depende do nível de sensibilização, desenvolvimento de competências e preparação tanto dos gestores como dos trabalhadores da linha de frente do porto (CHHETRI *et al.*, 2020). O IPCC (2014) aponta que o reconhecimento de diversos interesses, circunstâncias, contextos socioculturais e expectativas pode beneficiar os processos de tomada de decisão e aumentar a eficácia da adaptação. Assim, recomenda-se o envolvimento de todas as áreas do porto e todas as partes interessadas (*stakeholders*) durante o processo de adaptação, buscando superar possíveis barreiras políticas e sociais, bem com institucionais.

Ng *et al.* (2018) apontam que o trabalho de adaptação ainda se encontra em uma fase embrionária, com planos de adaptação pouco sistemáticos. Os autores ainda apontam que apesar de diversos portos possuírem planos de adaptação, há uma significativa dificuldade em encontrar avaliações sobre a implementação dessas medidas. Esse cenário auxilia na compreensão da falta de estudos de casos de sucesso que apontem as lições aprendidas da implementação de medidas de adaptação.

Diante desse contexto, a implementação de medidas de adaptação por parte dos portos se apresenta necessária e urgente. Assim, o presente trabalho se constitui em um importante passo para aumentar a resiliência dos portos brasileiros frente a ameaças climáticas. Entretanto, visto que as medidas aqui apresentadas compreendem apenas os riscos de tempestades, vendavais e aumento do nível do mar, recomenda-se que sejam verificadas em análises futuras outras possíveis ameaças climáticas considerando as especificidades de cada porto.

6.1 :: Recomendações e Limitações

Essa seção apresentará as recomendações e limitações identificadas ao longo de todo o estudo. Para facilitar a compreensão, elas foram divididas pelos temas as quais elas se relacionam:

AMEAÇAS

Foi possível observar limitações em relação à linearidade e à escala dos dados climáticos. As projeções não apresentaram uma consistência ao longo dos anos para algumas regiões analisadas, visto que nem sempre o horizonte temporal mais distante apresentou a maior probabilidade de ocorrência da ameaça. Apesar das limitações e incertezas dos modelos climáticos, a utilização de cenários futuros do clima é fundamental para auxiliar tomadores de decisão na priorização e direcionamento de estratégias de adaptação efetivas.

Para aprimoramentos de trabalhos futuros, recomenda-se a inclusão de novos modelos e cenários climáticos, estimativa das incertezas associadas ao conjunto de modelos e inclusão de novas ameaças de interesse dos portos. Lembrando que a análise deve ser revista constantemente.

VULNERABILIDADE E EXPOSIÇÃO

A análise em escala nacional permite que haja uma comparação entre os portos públicos da costa brasileira. Entretanto, recomenda-se fortemente a análise local a fim de se obter informações e dados representativos focados na realidade de um porto em questão. Isso porque, mesmo portos localizados em regiões similares, existirão características que os distinguem, como foi o caso do porto de Aratu-Candeias e de Salvador.

A seguir são elencadas algumas considerações e recomendações para a elaboração de uma análise individual para cada porto:

- Realizar uma análise holística, levando em consideração toda a cadeia logística do setor portuário, visto que um terminal portuário pode não ser afetado por um evento extremo, mas se uma estrada de acesso for interrompida, o terminal pode ter suas operações reduzidas ou até mesmo interrompidas. Da mesma forma que uma paralisação no porto pode prejudicar toda uma cadeia logística (BECKER *et al.*, 2013);
- Realizar um levantamento prévio das áreas responsáveis pelas informações que compõe o indicador analisado, para assim, obter dados mais precisos;
- Avaliar, junto às áreas responsáveis o volume de carga perigosas que o porto movimenta, dado que isso reflete na vulnerabilidade do porto.

RISCO CLIMÁTICO

Apesar de reconhecer que o aumento do nível do mar não é constante ao longo de toda região costeira do Brasil e que as alterações no seu nível médio causam impactos distintos, essa análise não foi abordada no presente estudo. Portanto, para o eixo 2 recomenda-se um aprofundamento da análise dessa ameaça climática. Para esse aprofundamento é interessante considerar as taxas de subsidência dos locais em que os portos estão inseridos e os efeitos adicionais oriundos das ressacas e aumento das ondas.

Uma análise local, considerando a localidade de cada porto, permite compreender quantos metros adicionais no nível do mar seria prejudicial para a infraestrutura portuária e se de fato seria prejudicial para as operações. Isso porque, ao questionar os portos sobre os impactos do aumento do nível do mar nas suas operações, muitos deles disseram que esse aumento se mostraria benéfico, dado que resultaria no aumento da coluna d'água, e, por consequência, em uma melhor navegabilidade e na permissão de navegação de embarcações de maior calado. A título de exemplo, o declínio da cobertura de gelo do mar Ártico poderia estender a acessibilidade sazonal a rotas marítimas de alta latitude, tais como a rota marítima noroeste que liga o Atlântico ao Pacífico Norte (WONG *et al.*, 2014). Dessa forma, mostra-se fundamental para análises mais aprofundadas, compreender as oportunidades e desafios do aumento do nível do mar em cada porto.

De forma geral, a análise da ameaça de aumento do nível do mar ainda é incipiente, e precisa de mais avanços para se ter o real risco do impacto dessa ameaça, e assim, obter um maior gerenciamento de tal risco. Segundo o PBMC (2016) a análise do aumento do nível do mar no território nacional é dificultada devido à qualidade dos registros desse evento e à ausência de padrão nas medições atmosféricas, resultando em uma imprecisão da magnitude e da frequência. O relatório aponta que os dados disponíveis no Brasil são ainda insuficientes para a construção de cenários de impactos nas zonas costeiras decorrentes das mudanças climáticas, e que mesmo que estudos regionais tenham sido desenvolvidos, as metodologias e objetivos são variados, o que não permite comparações ou uma análise integrada regional ou nacional. Esse cenário reforça

a necessidade de avanços em estudos nessa área e a necessidade de atualização da análise de risco climática de forma contínua.

Em relação aos portos que não obtiveram um risco “alto” ou “muito alto” para as ameaças de tempestades, vendavais e aumento do nível do mar, essas não devem ser tratados com negligência. O risco, mesmo sendo baixo, existe e deve ser monitorado. Além disso, alguns portos subiram na classificação do risco de “muito baixa” para “baixa”, por exemplo. Essas pequenas variações indicam que a ameaça tem uma maior probabilidade de ocorrer, e, ainda que os coloquem em um risco baixo, podem causar imprevistos. Dessa forma, recomenda-se que o risco seja monitorado e a análise de risco atualizada, dado que esse processo deve ser entendido como cíclico e sujeito a *feedbacks* múltiplos para permitir a sua melhoria contínua.

Ressalta-se que, a partir do ranking dos portos classificados com maior risco de tempestade, vendaval e aumento do nível do mar no período de 2050 e no cenário de emissão RCP 8.5, foi possível observar que alguns portos mantiveram-se entre os cinco primeiros em pelo menos duas das ameaças analisadas, sendo eles: Aratu-Candeias (tempestade -2º lugar e aumento do nível do mar - 1º lugar), Rio Grande (tempestade - 1º lugar e aumento do nível do mar - 2º lugar), Recife (tempestades - 5º lugar e vendavais - 1º lugar), Santos (vendavais - 3º lugar e aumento do nível do mar - 4º lugar), São Francisco do Sul (tempestades - 4º lugar e aumento do nível do mar - 5º lugar).

Assim, relevante mencionar que o eixo 2 desse projeto apresentará análises customizadas para 3 portos brasileiros (Santos, Rio Grande e Aratu-Candeias). Esses portos foram selecionados a partir dos rankings de risco climático apresentados, além de considerar o recorte regional e a perspectiva de novos investimentos materializada em arrendamentos qualificados no Programa de Parceria de Investimentos - PPI. Espera-se que tais estudos contribuam ainda mais na direção do aumento da resiliência dos portos brasileiros aos impactos advindos das mudanças do clima.

Por fim, ressalta-se o ineditismo do presente estudo na avaliação dos impactos da mudança do clima no setor portuário. De acordo com organizações nacionais e internacionais, o impacto do clima nas infraestruturas marítimas é uma área de grande preocupação em que pouco trabalho foi concluído (BECKER *et al.*, 2012). Nesse sentido, o presente estudo apresenta-se como um importante insumo técnico para a proposição de medidas adaptativas para o setor portuário brasileiro.

Referências

AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS DO ESTADO DO PARANÁ. **Chuvas provocam paralisação em parte das operações portuárias**. 2021. Disponível em: <http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=110738>. Acesso em: 6 maio. 2021.

Antaq. **Infraestrutura ambiental**. In: 2021. Disponível em: <http://portal.Antaq.gov.br/index.php/infraestrutura-ambiental/>. Acesso em: 23 jun. 2021.

BECKER, A. *et al.* A note on climate change adaptation for seaports: A challenge for global ports, a challenge for global society. **Climatic Change**, v. 120, 2013.

BECKER, A.; MATSON, P.; FISCHER, M.; MASTRANDREA, M. **Toward Seaport Resilience for Climate Change Adaptation: Stakeholder Perceptions of Hurricane Impacts in Gulfport (MS) and Providence (RI)**. v. 99, p. 1–49, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305900614000427>. Acesso em: 15 jun. 2021.

BRASIL, TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO – TCU. **Projeto de Apoio à Modernização e o Fortalecimento Institucional do Tribunal de Contas da União – Aperfeiçoamento do Controle Externo da Regulação. Produto 3 - Relatório sobre a Fiscalização da Regulação Econômico-Financeira: Setor Portuário**. Brasília, DF: [s. n.], 2006.

FRITZSCHE, K.; SCHNEIDERBAUER, S.; BUBECK, P.; KIENBERGER, S.; BUTH, M.; ZEBISCH, M.; KAHLENBORN, W. **The Vulnerability Sourcebook: Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments**. [S. l.]: GIZ, 2014.

IPCC. **Climate change 2014: Synthesis Report**. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.

IZAGUIRRE, C.; LOSADA, I. J.; CAMUS, P.; VIGH, J. L.; STENEK, V. Climate change risk to global port operations. **Nature Climate Change**, v. 11, n. 1, p. 14–20, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-020-00937-z>. Acesso em: 6 abr. 2021.

NATIONAL GEOSPATIAL-INTELLIGENCE AGENCY. **World Port Index**. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://msi.nga.mil/api/publications/download?key=16694622/SFH00000/Pub150bk.pdf&type=view>. Acesso em: 6 abr. 2021.

NATIONAL GEOSPATIAL-INTELLIGENCE AGENCY. **Maritime Safety Information: World Port Index**. 2021. Disponível em: <https://msi.nga.mil/Publications/WPI>. Acesso em: 21 jun. 2021.

NG, A. K. Y. *et al.* **Port Decision Maker Perceptions on the Effectiveness of Climate Adaptation Actions**. p. 44, 2018.

PBMC. **Impacto, vulnerabilidade e adaptação das Cidades costeiras Brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Rio de Janeiro, Brasil: PBMC, COPPE – UFRJ, 2016. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Disponível em: https://ppgoceano.paginas.ufsc.br/files/2017/06/Relatorio_DOIS_v1_04.06.17.pdf. Acesso em: 8 jun. 2021.

SOLOMON, S.; INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE; INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (org.). **Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2007.

Apêndice I ::

Validação dos Modelos

Nas tabelas abaixo é possível observar os resultados dos testes estatísticos para as variáveis de precipitação e velocidade máxima do vento dos modelos em relação aos dados observacionais. Para o campo de precipitação, apenas os portos de Santos e São Sebastião apresentaram, para o teste Kolmogorov-Smirnov, valores estatísticos não significativos. Além disso, nota-se que o porto de Rio Grande apresentou um baixo nível de correlação de Spearman entre as séries.

Dados Mensais de 1986 a 2005 do CORDEX (Ensemble) e CHIRPS (Observacional)

VALIDAÇÃO DO ENSEMBLE – PRECIPITAÇÃO					
Porto	Teste Kolmogorov-Smirnov	Correlação de Spearman	RMSE	MAE	Desvio Padrão
Angra dos Reis	0,225	0,774	81,63	55,34	98,71
Aratu-Candeias	0,433	0,347	139,46	111,45	87,55
Cabedelo	0,467	0,493	155,79	127,74	95,96
Fortaleza	0,263	0,771	105,02	72,79	115,11
Ilhéus	0,579	0,118	117,26	99,54	57,22
Imbituba	0,213	0,478	62,33	47,79	62,58
Itaguaí	0,158	0,821	63,02	43,32	91,02
Itajaí	0,246	0,528	77,92	59,33	75,15
Itaquí	0,279	0,879	86,46	68,31	154,95
Natal	0,296	0,461	118,60	90,29	74,92
Niterói	0,113	0,833	57,50	40,87	92,61
Paranaguá	0,158	0,635	74,55	57,23	86,32
Recife	0,479	0,442	161,62	133,78	119,42
Rio de Janeiro	0,113	0,833	57,50	40,87	92,61
Rio Grande	0,367	*0,033	71,87	52,60	59,49
Salvador	0,479	0,332	117,04	95,22	67,44
Santos	0,108	0,811	55,42	42,53	88,03
São Francisco do Sul	0,158	0,567	78,38	59,89	82,72
São Sebastião	0,100	0,782	58,82	44,68	85,13
SUAPE	0,479	0,442	161,62	133,78	119,42
Vitória	0,467	0,267	87,95	74,49	73,98

Negrito: Valores estatisticamente não significantes p-value > 0.05

Para o campo de velocidade máxima do vento, todos os portos apresentaram valores estatísticos significantes e valores (positivos e negativos) de correlação de Spearman, ou seja, possuem uma alta relação entre os dados modelados versus o observacional.

Dados Mensais de 1986 a 2005 do CORDEX (Ensemble) e CHIRPS (Observacional)

VALIDAÇÃO DO ENSEMBLE – MÁXIMA VELOCIDADE DO VENTO					
Porto	Teste Kolmogorov-Smirnov	Correlação de Spearman	RMSE	MAE	Desvio Padrão
Angra dos Reis	0,979	0,245	163,12	130,38	98,71
Aratu-Candeias	0,979	0,251	139,03	108,40	87,55
Cabedelo	0,804	0,176	128,52	88,06	95,96
Fortaleza	0,521	-0,781	137,01	89,01	115,11
Ilhéus	1,000	0,105	105,16	88,47	57,22
Imbituba	0,992	0,263	125,08	108,64	62,58
Itaguaí	0,963	0,259	145,87	114,51	91,02
Itajaí	0,996	0,333	152,38	133,00	75,15
Itaquí	0,742	-0,779	217,88	155,44	154,95
Natal	0,608	-0,255	92,86	62,44	74,92
Niterói	0,963	0,323	148,25	116,44	92,61
Paranaguá	1,000	0,352	172,31	149,57	86,32
Recife	0,892	0,469	166,79	118,32	119,42
Rio de Janeiro	0,963	0,323	148,25	116,44	92,61
Rio Grande	0,967	-0,114	104,39	85,81	59,49
Salvador	0,992	-0,362	118,87	97,79	67,44
Santos	0,954	0,197	144,65	115,30	88,03
São Francisco do Sul	1,000	0,347	166,50	144,93	82,72
São Sebastião	0,946	0,220	141,72	113,82	85,13
SUAPE	0,892	0,469	166,79	118,32	119,42
Vitória	0,983	0,558	114,32	88,50	73,98

Apêndice II ::

Análise do Indicador de Aumento do Nível do Mar

2030

2050

RCP 4.5



RCP 8.5



Legenda  Mancha de inundação  Área aproximada: Porto de Angra dos Reis

  Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Fonte: CLIMATE CENTRAL (2021) climatecentral.org

2030

2050

RCP 4.5



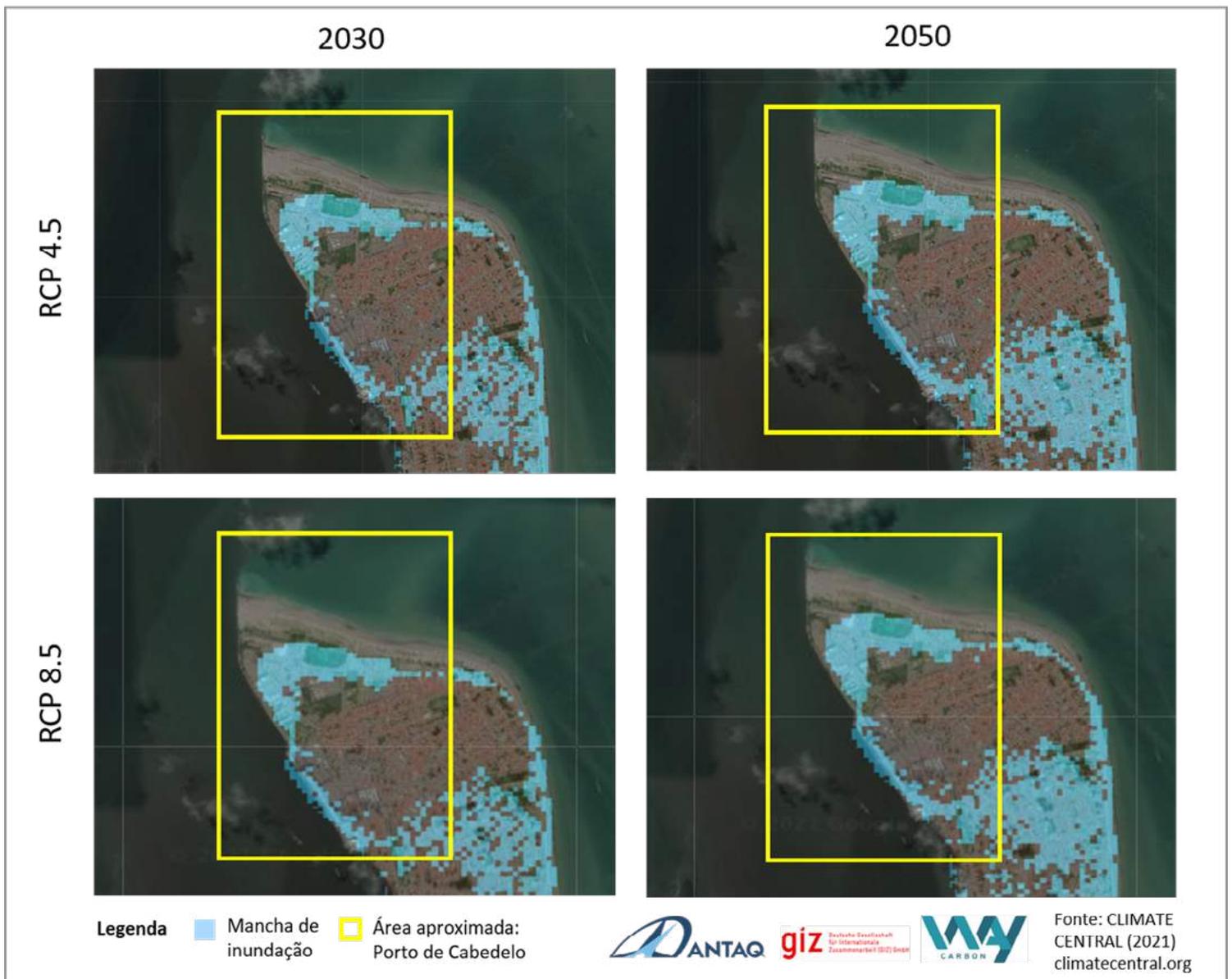
RCP 8.5

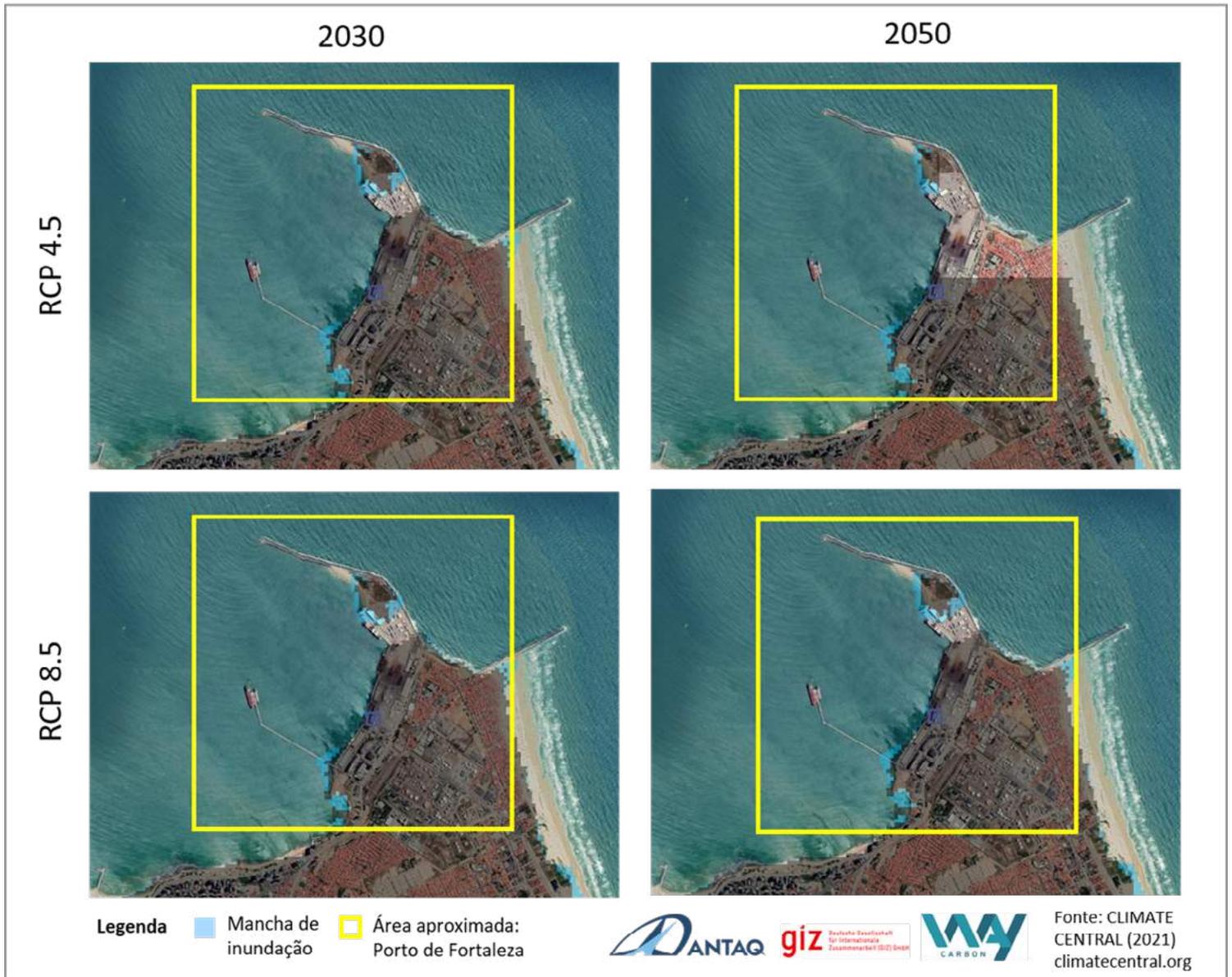


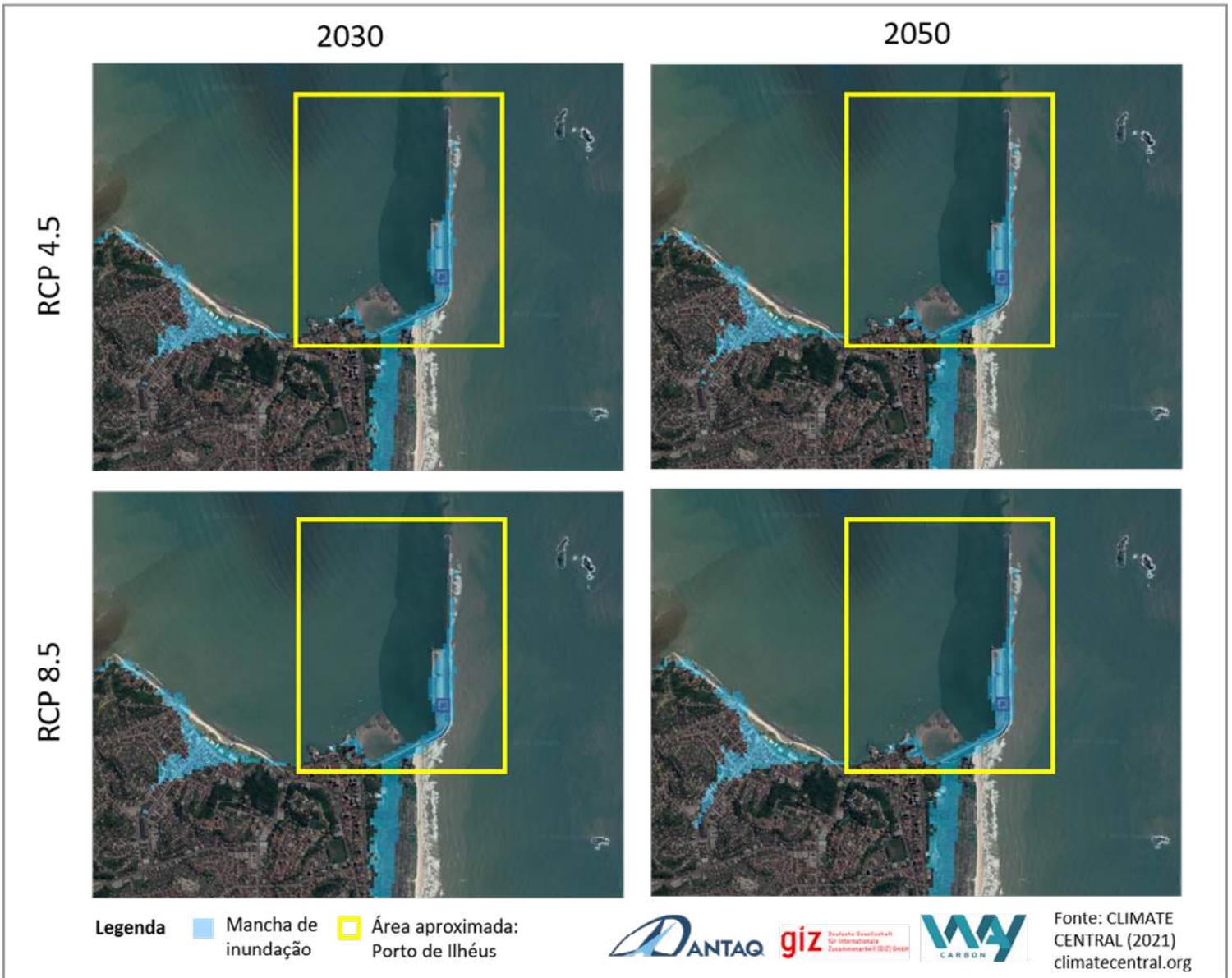
Legenda  Mancha de inundação  Área aproximada Porto de Aratu Candeias



Fonte: CLIMATE CENTRAL (2021) climatecentral.org







RCP 4.5

2030



2050



RCP 8.5

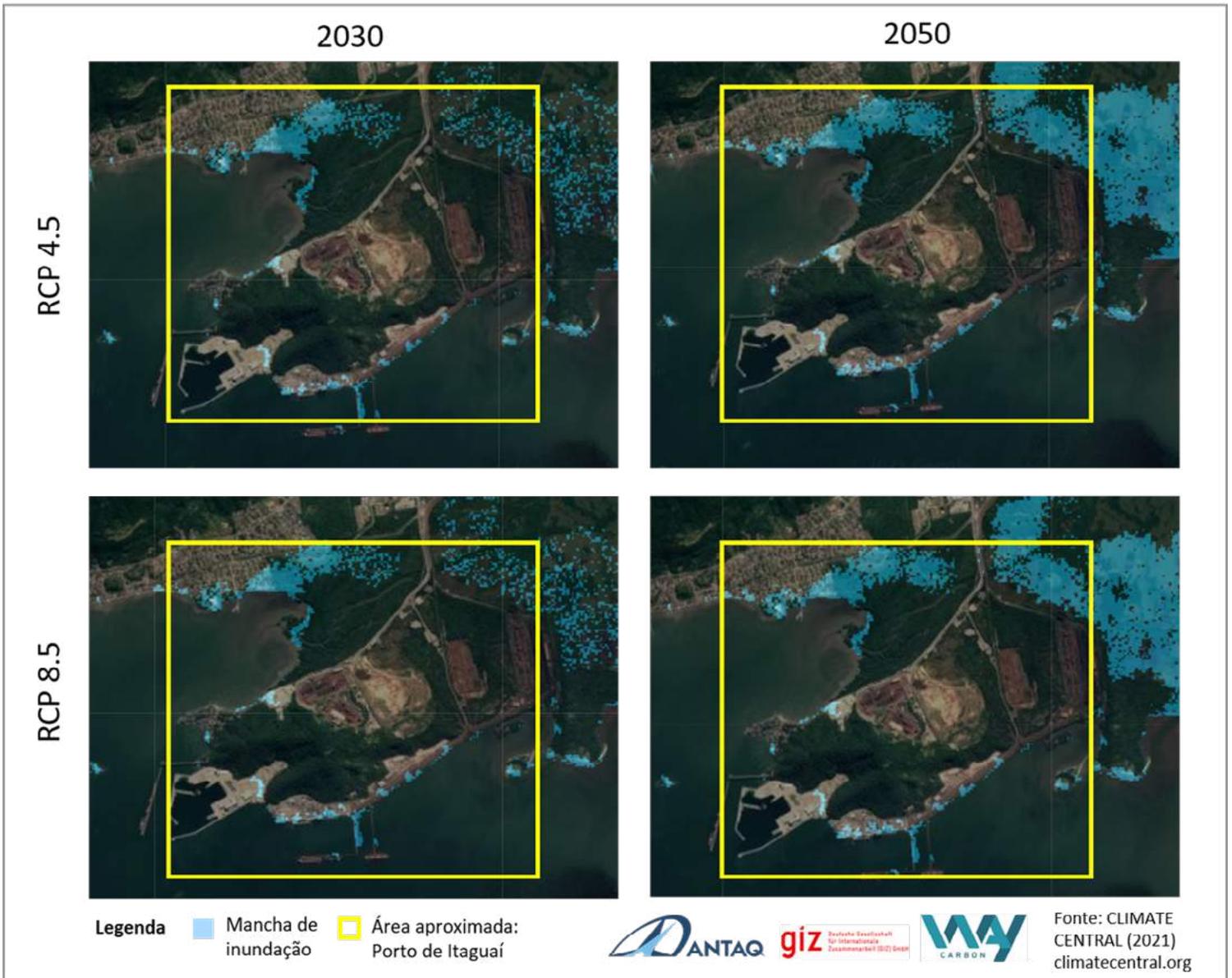


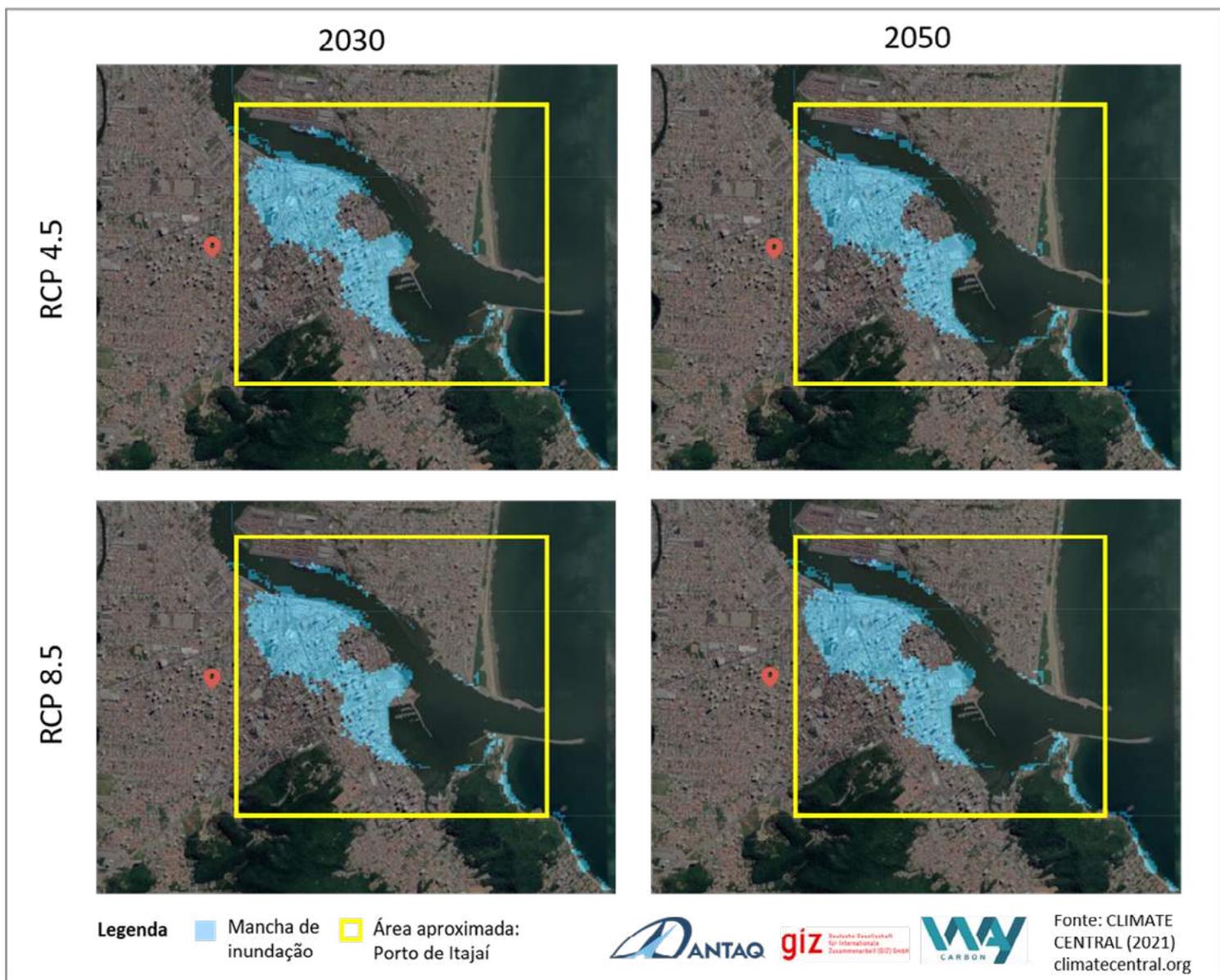
Legenda

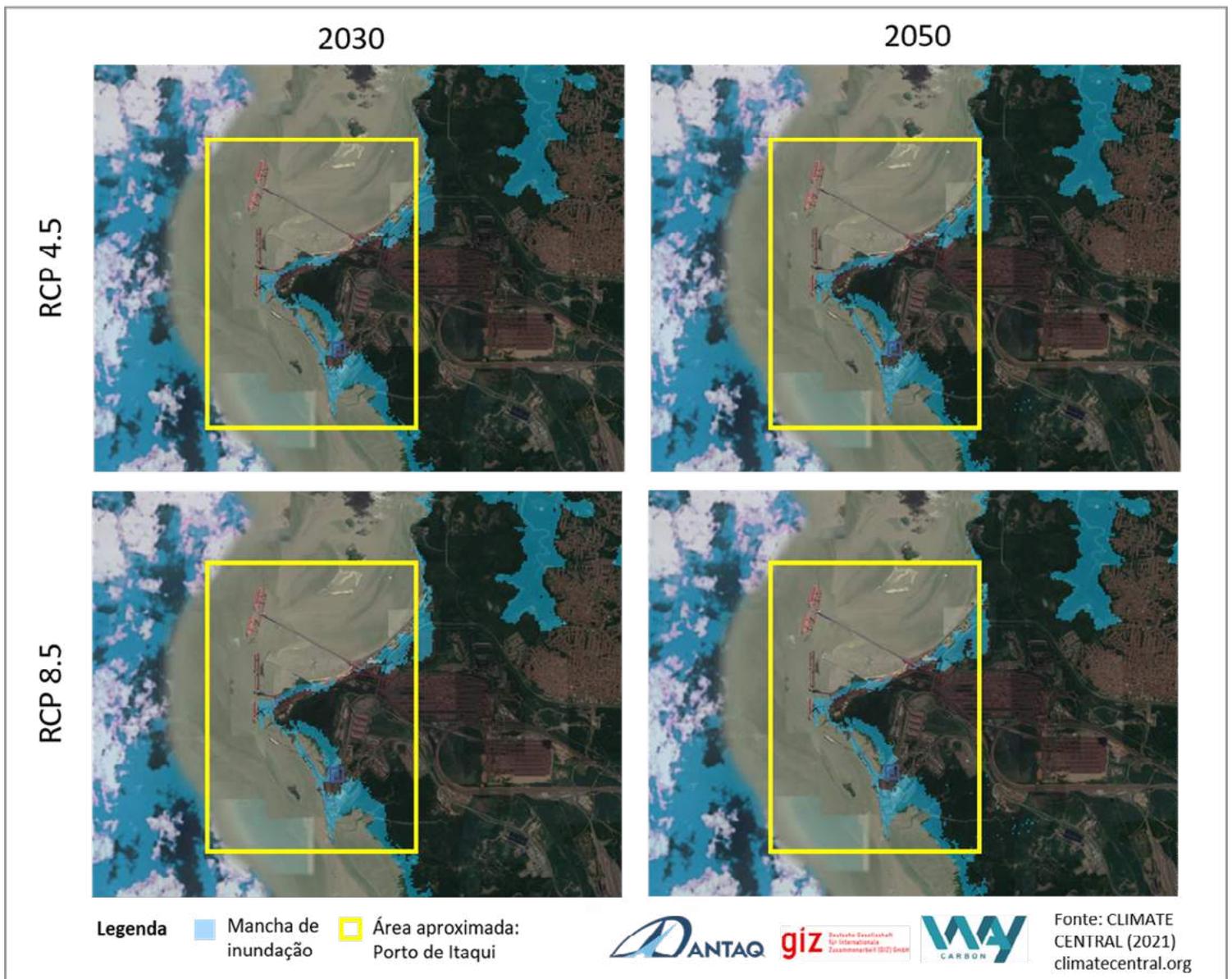
- Mancha de inundação
- Área aproximada: Porto de Imbituba

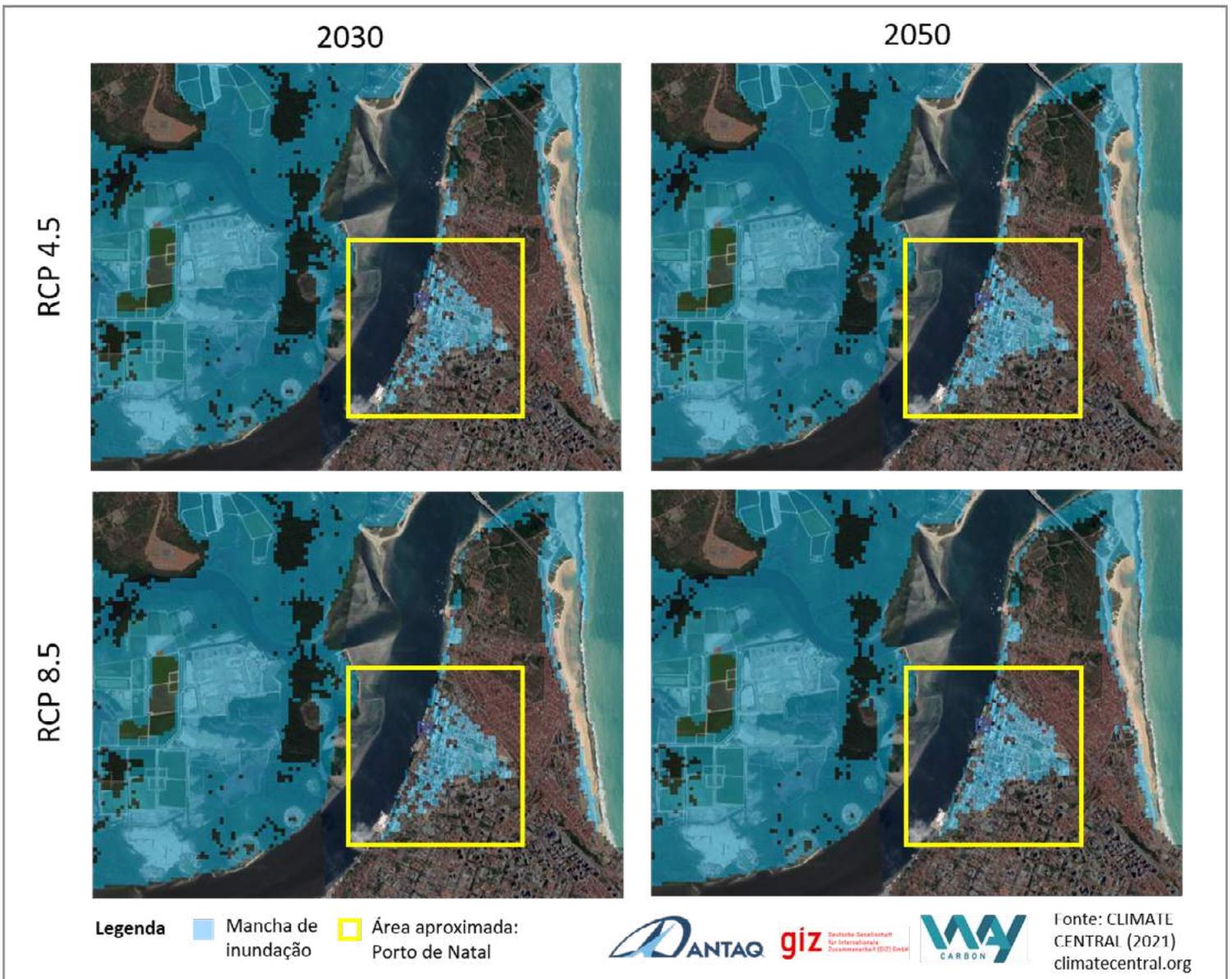


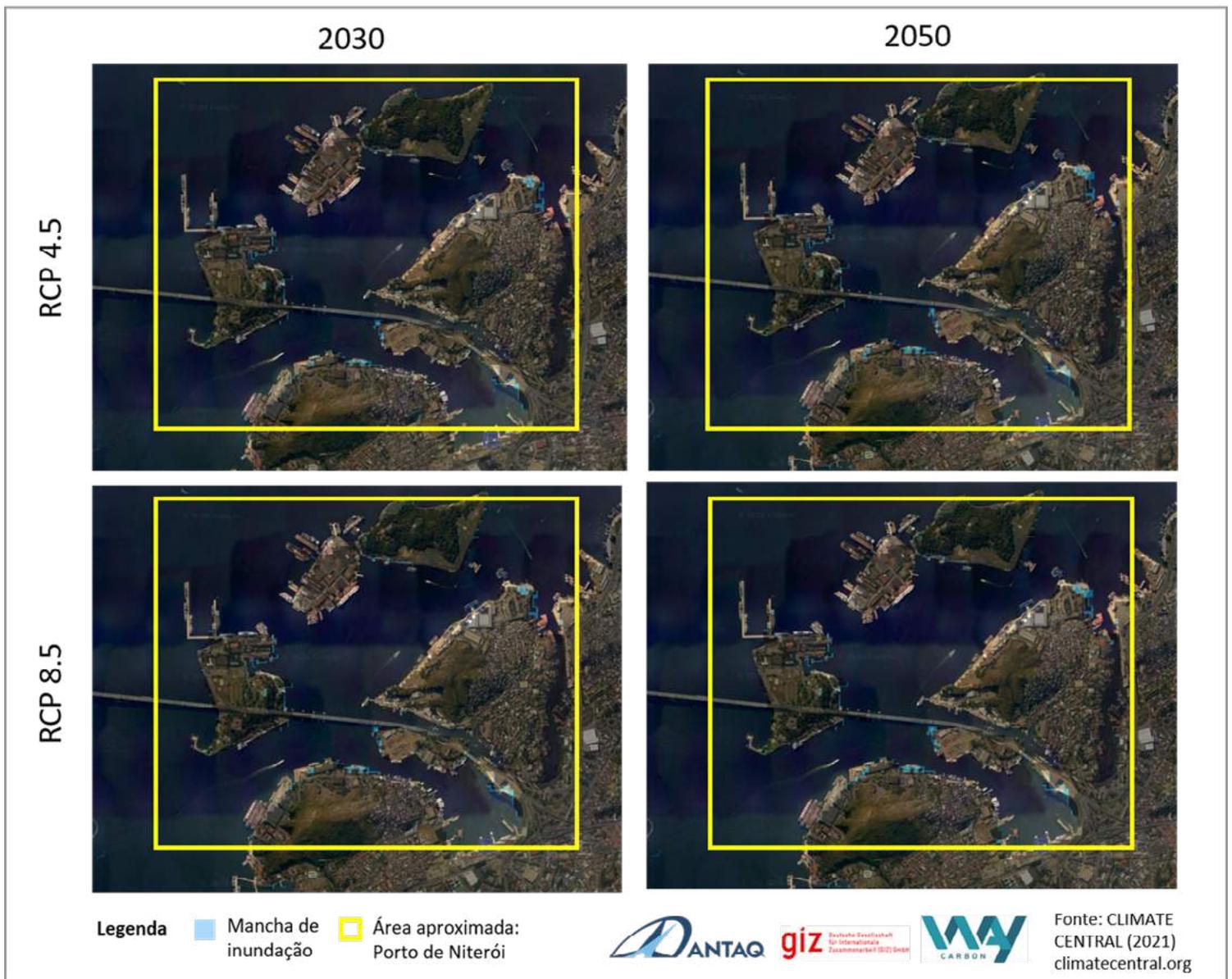
Fonte: CLIMATE CENTRAL (2021) climatecentral.org

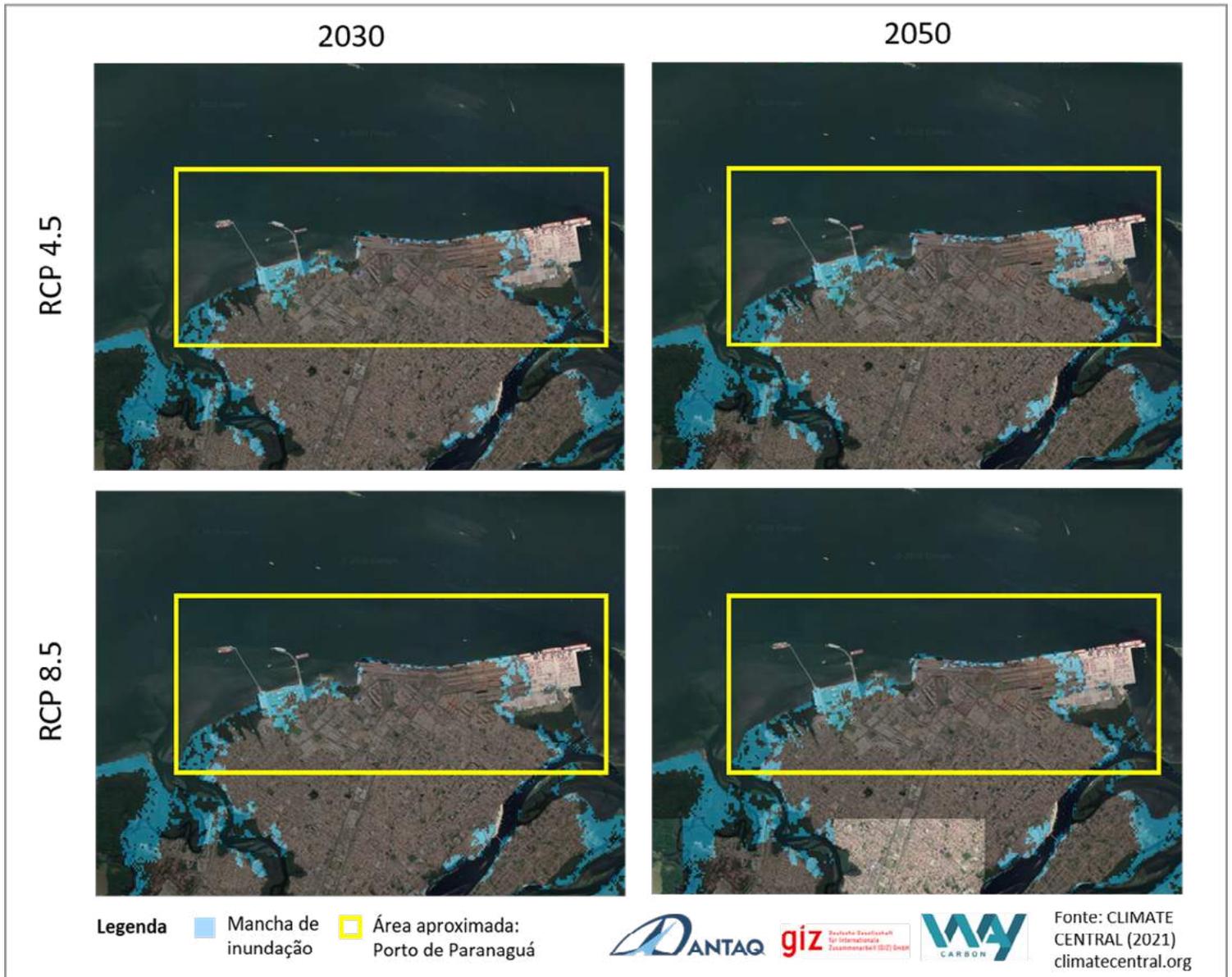


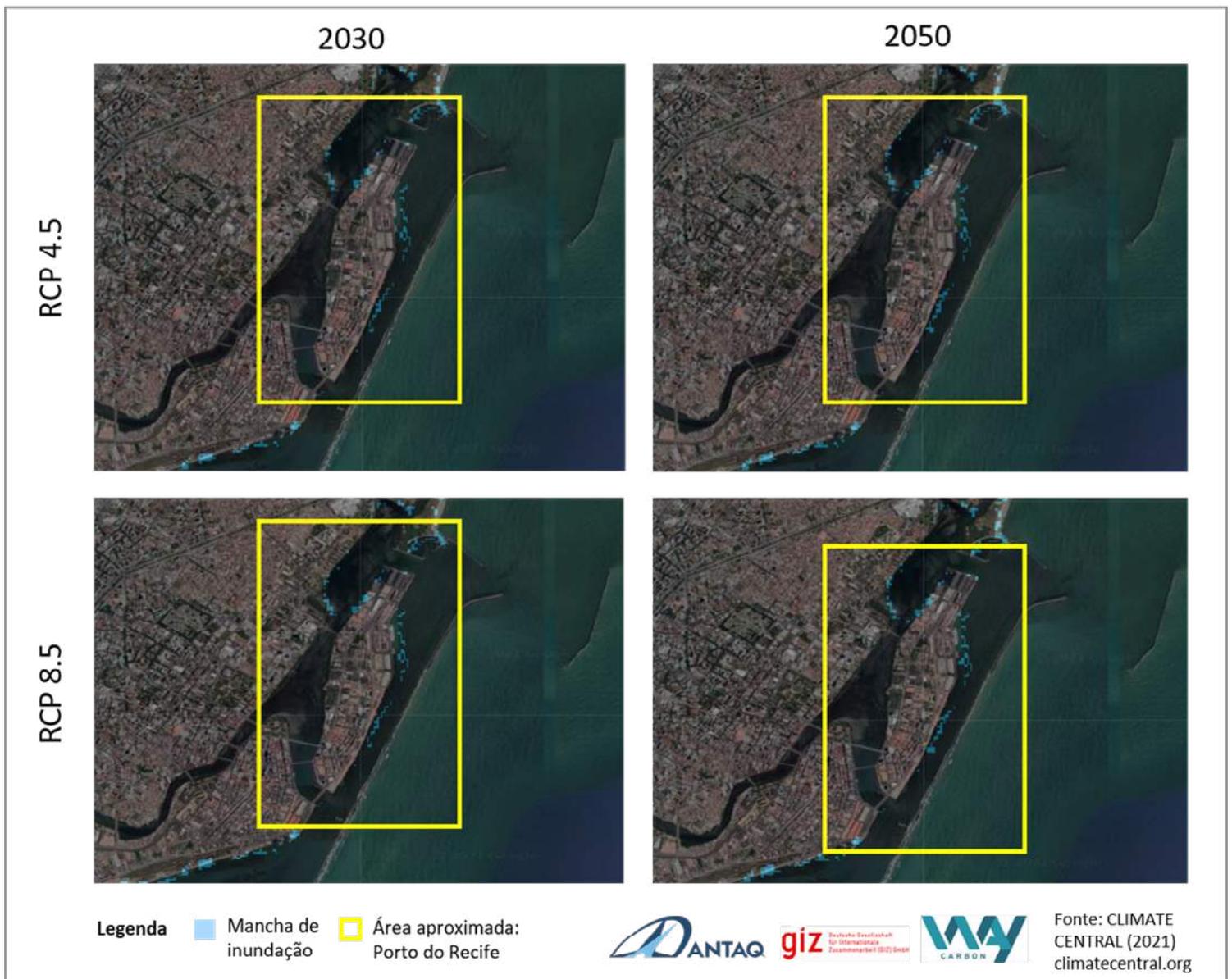


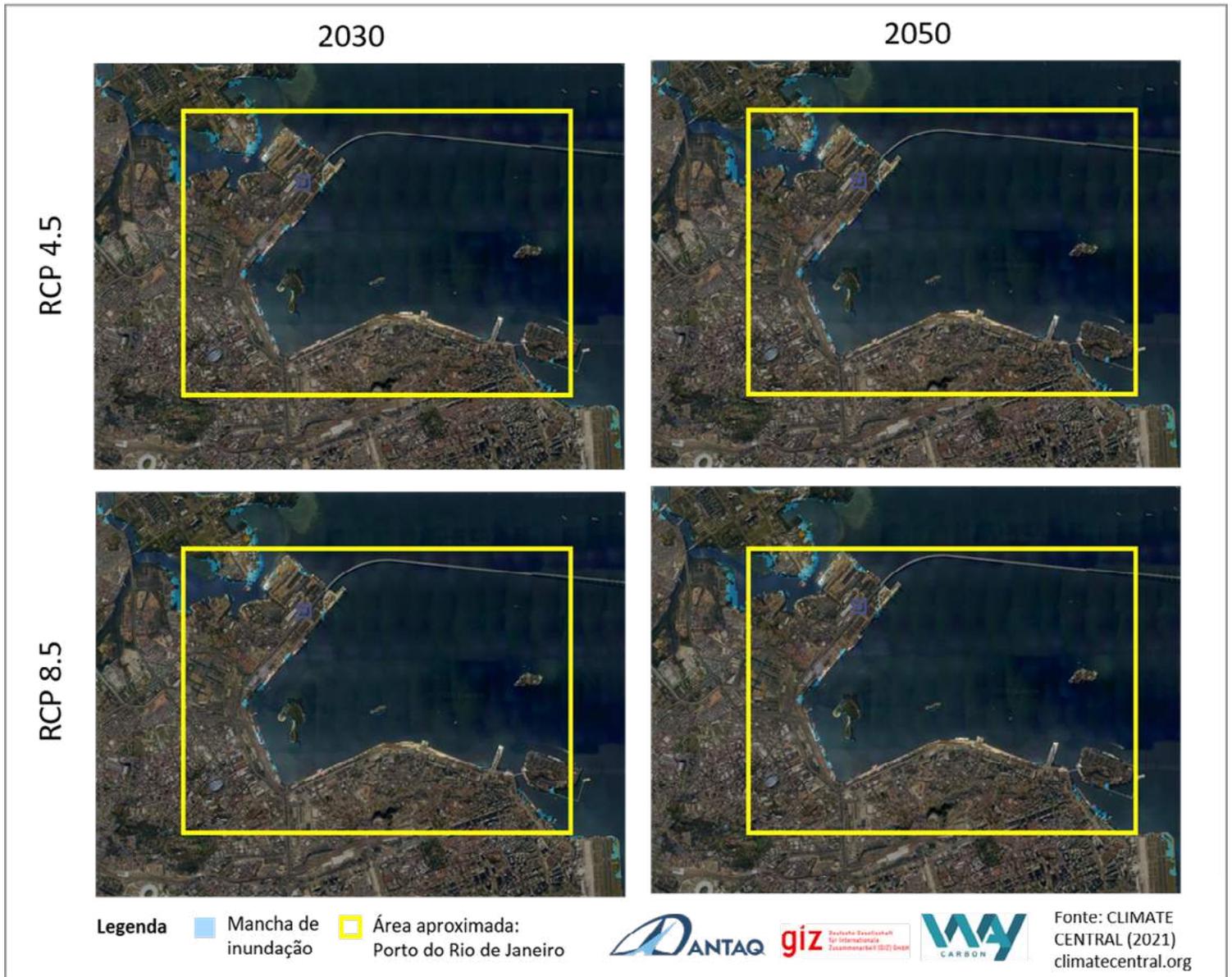


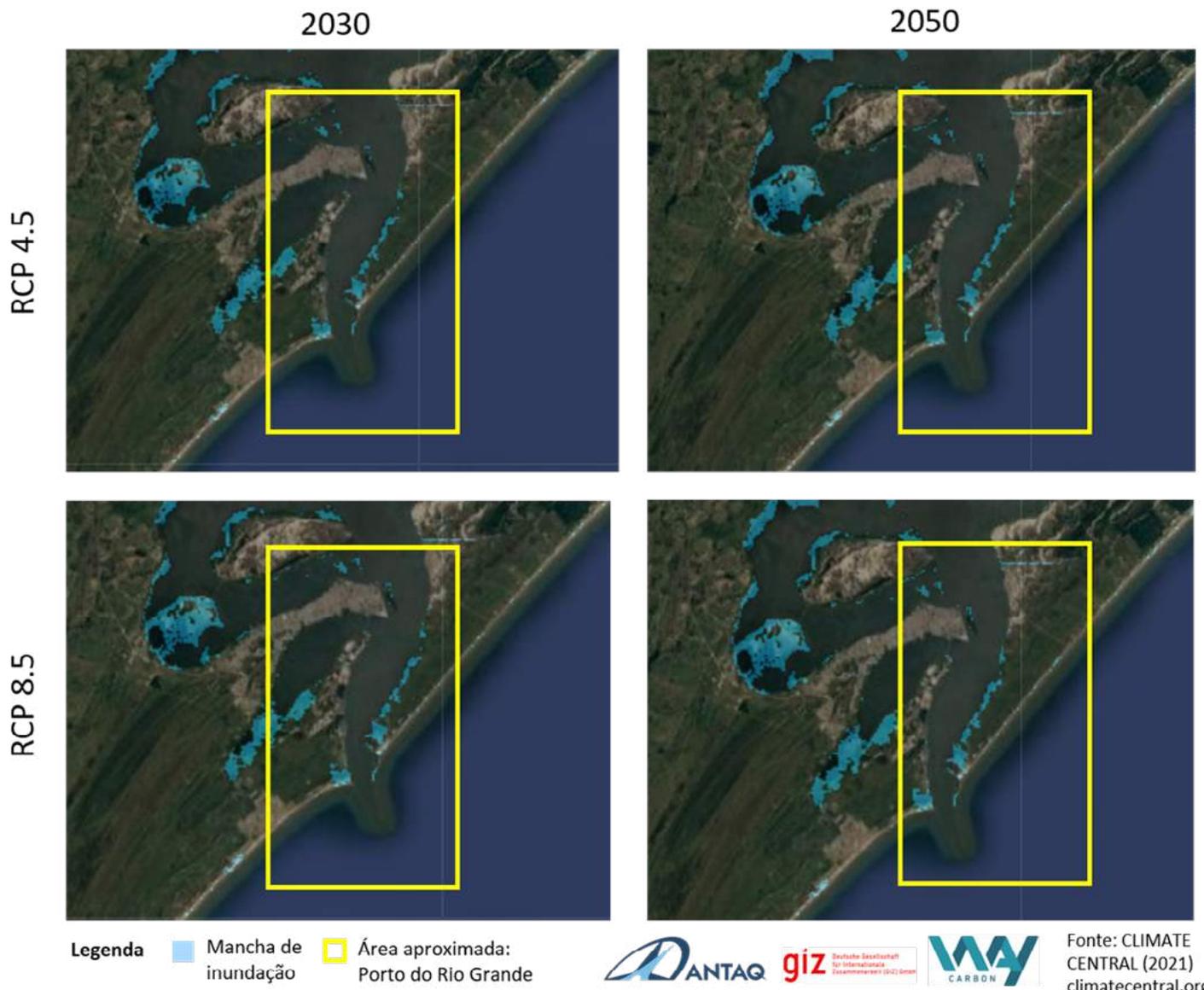


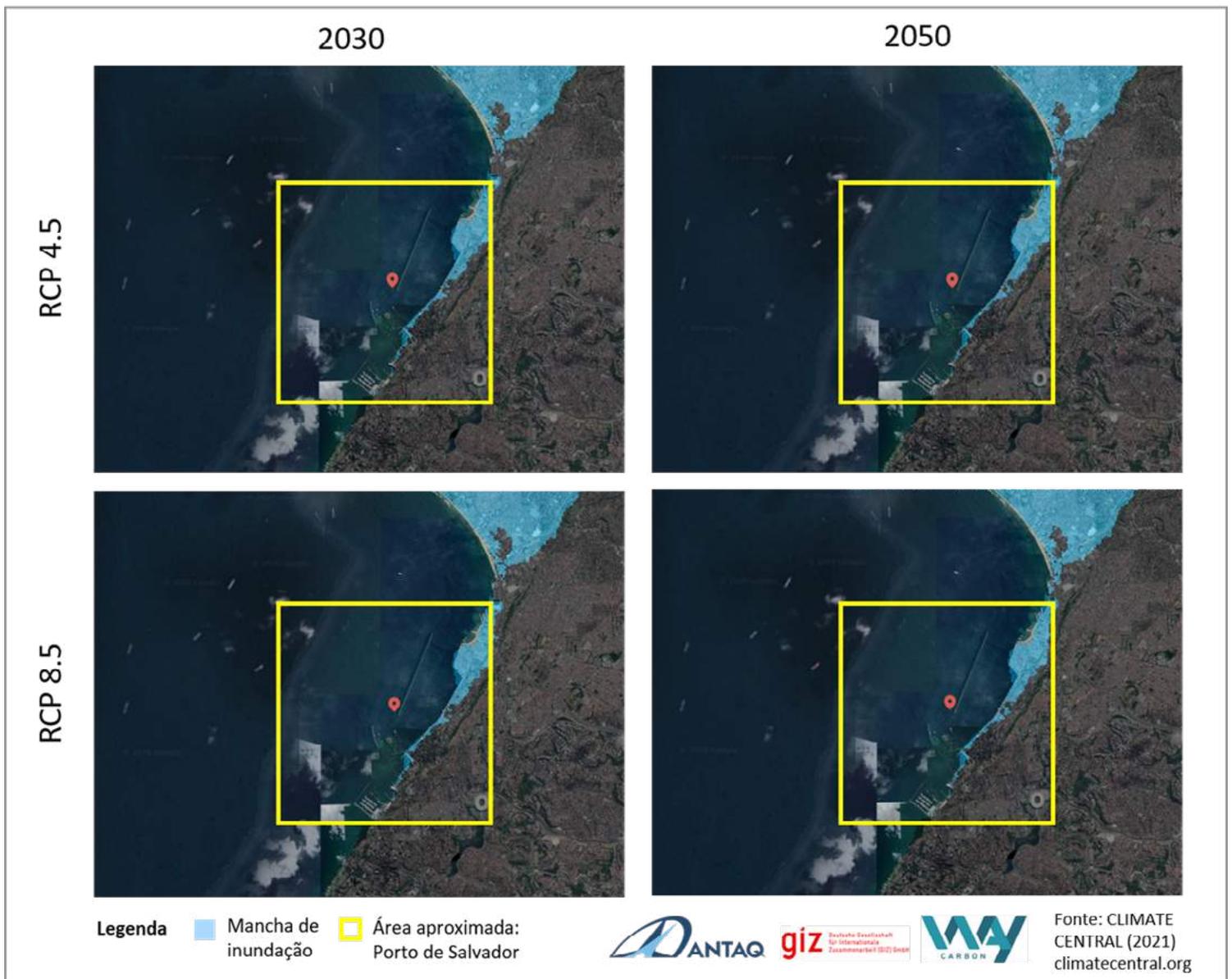


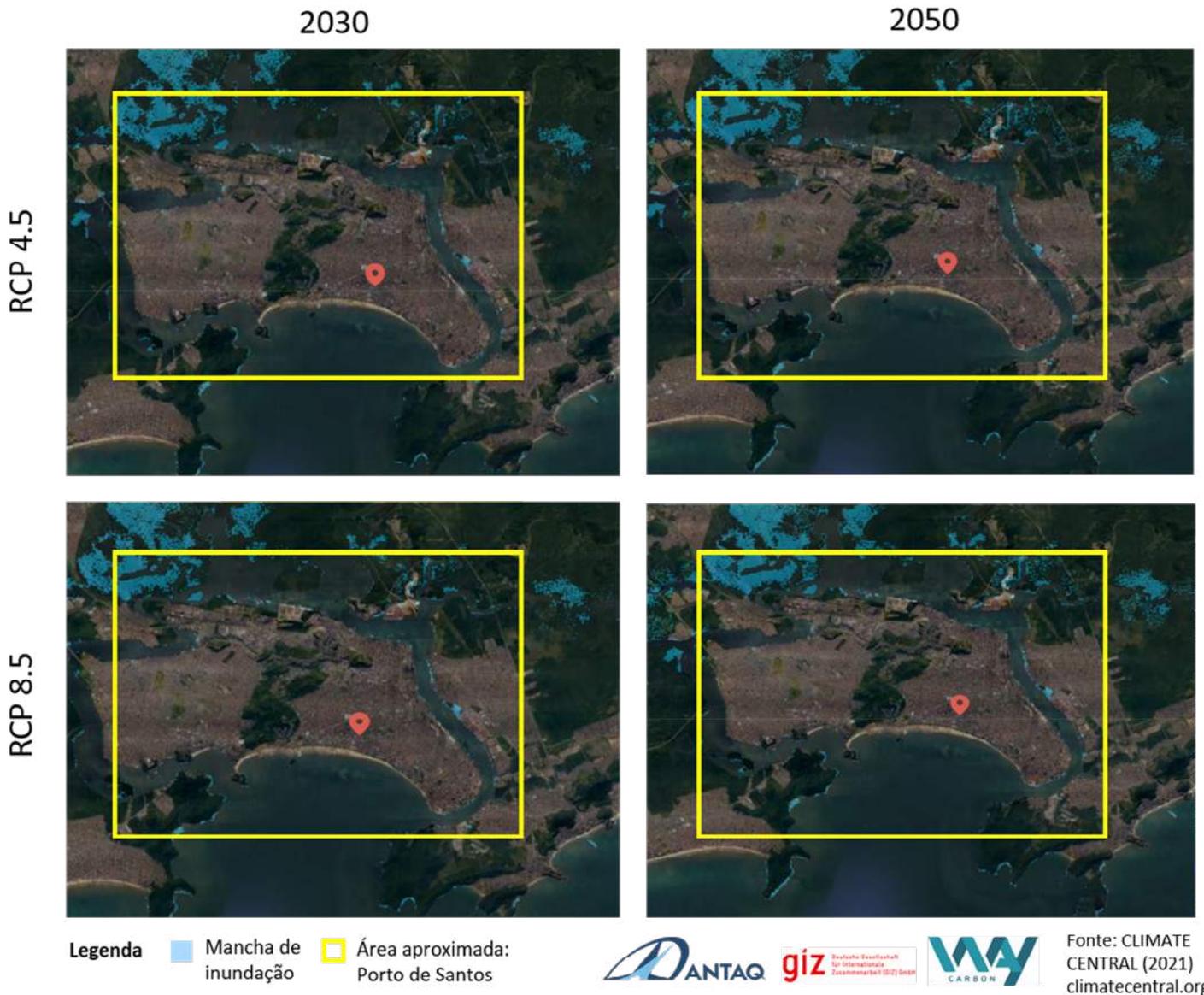












2030

2050

RCP 4.5



RCP 8.5



Legenda

 Mancha de inundação Área aproximada: Porto de São Francisco do SulFonte: CLIMATE CENTRAL (2021) climatecentral.org

RCP 4.5

2030



2050



RCP 8.5

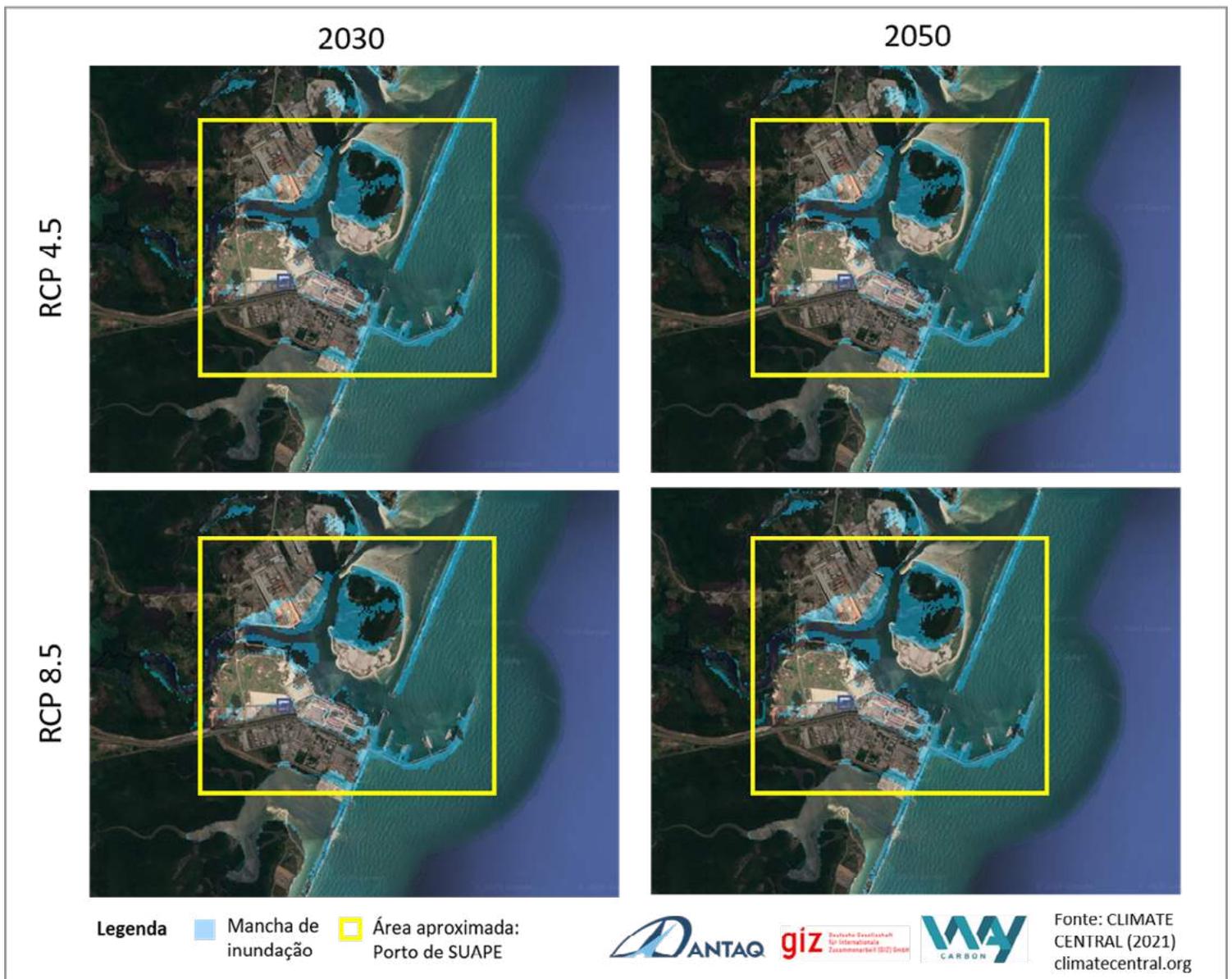


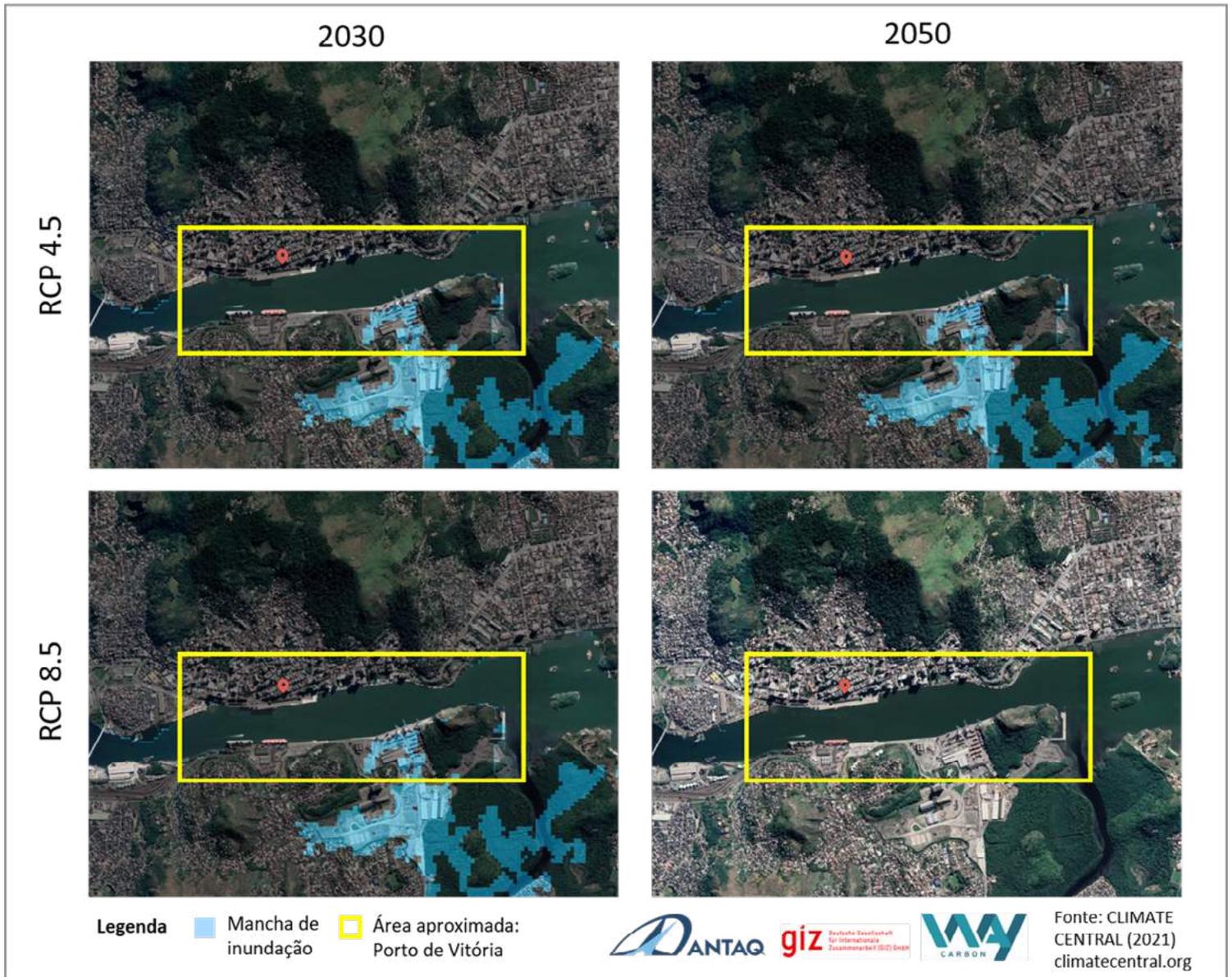
Legenda

- Mancha de inundação
- Área aproximada: Porto de São Sebastião



Fonte: CLIMATE CENTRAL (2021) climatecentral.org





APÊNDICE III ::

Testes Estatísticos da Análise De Tendência

RX1day	OBSERVACIONAL (1985 – 2005)		RCP 4.5 (2021 – 2060)		RCP 8.5 (2021 – 2060)	
	Mann-Kendall (p-valor)	Sen's Slope	Mann-Kendall (p-value)	Sen's Slope	Mann-Kendall (p-value)	Sen's Slope
Angra dos Reis	0,974	0,032	0,110	-1,596	0,087	1,713
Aratu-Candeias	0,284	1,071	0,789	0,268	0,935	0,082
Cabedelo	0,256	1,136	0,268	-1,107	0,584	-0,548
Fortaleza	0,538	0,616	0,382	-0,874	0,825	-0,221
Ilhéus	0,127	1,525	0,880	0,151	0,753	0,315
Imbituba	0,721	-0,357	0,492	-0,687	0,463	0,734
Itaguaí	0,183	-1,330	0,079	-1,759	0,221	1,223
Itajaí	0,922	-0,097	0,213	1,247	0,188	1,317
Itaqui	0,626	-0,487	0,049	1,969	0,014	2,458
Natal	0,048	1,979	0,972	0,035	0,173	-1,363
Niterói	0,417	-0,811	0,016	-2,412	0,230	1,200
Paranaguá	0,127	1,525	0,477	0,711	0,666	0,431
Recife	0,007	2,693	0,230	-1,200	0,071	-1,806
Rio de Janeiro	0,417	-0,811	0,016	-2,412	0,230	1,200
Rio Grande	0,820	0,227	0,861	0,175	0,357	0,920
Salvador	0,086	1,720	0,991	0,012	0,954	0,058
Santos	0,456	-0,746	0,091	-1,689	0,028	2,202
São Francisco do Sul	0,922	-0,097	0,268	1,107	0,322	0,990
São Sebastião	0,626	0,487	0,011	-2,528	0,011	2,528
SUAPE	0,007	2,693	0,230	-1,200	0,071	-1,806
Vitória	0,456	0,746	0,584	-0,548	0,954	-0,058

Negrito: Há tendência (estatisticamente significativa) p-value ≤ 0.05

R99p	OBSERVACIONAL (1986 – 2005)		RCP 4.5 (2021 – 2060)		RCP 8.5 (2021 – 2060)	
	Mann-Kendall (p-valor)	Sen's Slope	Mann-Kendall (p-value)	Sen's Slope	Mann-Kendall (p-value)	Sen's Slope
Angra dos Reis	0,673	-0,422	0,061	-1,876	0,843	-0,198
Aratu-Candeias	0,363	-0,909	0,991	0,012	0,345	0,944
Cabedelo	0,183	1,330	0,991	0,012	0,650	-0,454
Fortaleza	0,922	0,097	0,010	2,575	0,011	2,528
Ilhéus	0,538	0,616	0,258	1,130	0,666	0,431
Imbituba	0,363	-0,909	0,666	0,431	0,753	-0,315
Itaguaí	0,721	-0,357	0,173	-1,363	0,616	0,501
Itajaí	0,721	-0,357	0,105	-1,619	0,935	0,082
Itaqui	0,581	-0,552	0,046	1,992	0,000	5,488
Natal	0,098	1,655	0,492	0,687	0,507	-0,664

R99p	OBSERVACIONAL (1986 – 2005)		RCP 4.5 (2021 – 2060)		RCP 8.5 (2021 – 2060)	
	Mann-Kendall (p-valor)	Sen's Slope	Mann-Kendall (p-value)	Sen's Slope	Mann-Kendall (p-value)	Sen's Slope
Niterói	0,820	-0,227	0,204	-1,270	0,552	0,594
Paranaguá	0,112	-1,590	0,843	-0,198	0,843	0,198
Recife	0,626	0,487	0,616	0,501	0,843	-0,198
Rio de Janeiro	0,820	-0,227	0,204	-1,270	0,552	0,594
Rio Grande	0,871	-0,162	0,825	0,221	0,382	0,874
Salvador	0,871	0,162	0,650	0,454	0,180	1,340
Santos	0,206	-1,265	0,008	-2,645	0,395	0,851
São Francisco do Sul	0,496	-0,681	0,239	-1,177	0,701	0,384
São Sebastião	0,538	-0,616	0,100	-1,643	0,972	-0,035
SUAPE	0,871	-0,162	0,616	0,501	0,843	-0,198
Vitória	0,315	1,006	0,249	-1,153	0,249	-1,153

Negrito: Há tendência (estatisticamente significativa) p-value ≤ 0.05

Wx90p	OBSERVACIONAL (1985 – 2005)		RCP 4.5 (2021 – 2060)		RCP 8.5 (2021 – 2060)	
	Mann-Kendall (p-valor)	Sen's Slope	Mann-Kendall (p-value)	Sen's Slope	Mann-Kendall (p-value)	Sen's Slope
Angra dos Reis	0,770	-0,292	0,003	3,006	0,001	3,426
Aratu-Candeias	0,436	-0,779	0,600	0,524	0,000	3,519
Cabedelo	0,284	1,104	0,002	3,123	0,000	5,371
Fortaleza	0,194	1,235	0,007	2,692	0,000	4,416
Ilhéus	0,330	-0,974	0,008	2,645	0,000	3,985
Imbituba	0,770	0,292	0,560	0,594	0,003	2,949
Itaguaí	0,242	-1,170	0,004	2,901	0,004	2,843
Itajaí	0,922	0,097	0,954	0,047	0,015	2,425
Itaqui	0,051	1,948	0,024	2,260	0,025	2,249
Natal	0,144	1,494	0,001	3,367	0,000	5,803
Niterói	0,475	-0,715	0,003	2,983	0,003	2,948
Paranaguá	0,496	-0,681	0,148	1,457	0,000	3,589
Recife	0,795	0,260	1,000	0,000	0,002	3,135
Rio de Janeiro	0,475	-0,715	0,003	2,983	0,003	2,948
Rio Grande	1,000	0,000	0,159	1,410	0,311	1,014
Salvador	0,559	-0,552	0,118	1,550	0,000	4,428
Santos	0,538	0,616	0,002	3,088	0,003	3,006
São Francisco do Sul	1,000	0,000	0,780	0,268	0,008	2,645
São Sebastião	0,697	-0,390	0,001	3,216	0,001	3,437
SUAPE	0,795	0,260	1,000	0,000	0,002	3,135
Vitória	0,820	0,195	0,002	3,076	0,016	2,377

Negrito: Há tendência (estatisticamente significativa) p-value ≤ 0.05

Apêndice IV ::

Detalhamento do Número de Infraestruturas Portuária Validação dos Modelos

As tabelas abaixo detalham as informações sobre o quantitativo de infraestruturas portuárias em cada porto consideradas para cada ameaça analisada.

PORTO	AMEAÇA: TEMPESTADE				
	Obras de abrigo	Equipamento de movimentação de carga	Instalação de armazenagem	Instalação de acostagem	Total de infraestruturas
Angra dos Reis	0	1	43	2	46
Aratu-Candeias	0	8	175	10	193
Cabedelo	0	0	45	3	48
Fortaleza	6	2	9	9	26
Ilhéus	1	2	10	3	16
Imbituba	4	0	17	3	24
Itaguaí	0	15	14	9	38
Itajaí	1	4	2	5	12
Itaqui	0	7	125	7	139
Natal	2	1	49	3	55
Niterói	0	6	2	3	11
Paranaguá	0	30	275	23	328
Recife	3	6	48	10	67
Rio de Janeiro	0	65	70	32	167
Rio Grande	2	44	330	20	396
Salvador	2	10	11	10	33
Santos	0	145	503	69	717
São Francisco do Sul	0	0	10	8	18
São Sebastião	0	9	6	6	21
SUAPE	1	26	149	18	194
Vitória	0	9	58	12	79

PORTO	AMEAÇA: VENDAVAIS		
	Equipamento de movimentação de carga	Instalação de armazenagem	Total de infraestruturas
Angra dos Reis	1	43	44
Aratu-Candeias	8	175	183
Cabedelo	0	45	45
Fortaleza	2	9	11
Ilhéus	2	10	12

PORTO	AMEAÇA: VENDAVAIS		
	Equipamento de movimentação de carga	Instalação de armazenagem	Total de infraestruturas
Imbituba	0	17	17
Itaguaí	15	14	29
Itajaí	4	2	6
Itaquí	7	125	132
Natal	1	49	50
Niterói	6	2	8
Paranaguá	30	275	305
Recife	6	48	54
Rio de Janeiro	65	70	135
Rio Grande	44	330	374
Salvador	10	11	21
Santos	145	503	648
São Francisco do Sul	0	10	10
São Sebastião	9	6	15
SUAPE	26	149	175
Vitória	9	58	67

PORTO	AMEAÇA: AUMENTO DO NÍVEL DO MAR			
	Obras de abrigo	Instalação de armazenagem	Instalação de acostagem	Total de infraestruturas
Angra dos Reis	0	43	2	45
Aratu-Candeias	0	175	10	185
Cabedelo	0	45	3	48
Fortaleza	6	9	9	24
Ilhéus	1	10	3	14
Imbituba	4	17	3	24
Itaguaí	0	14	9	23
Itajaí	1	2	5	8
Itaquí	0	125	7	132
Natal	2	49	3	54
Niterói	0	2	3	5
Paranaguá	0	275	23	298
Recife	3	48	10	61
Rio de Janeiro	0	70	32	102
Rio Grande	2	330	20	352
Salvador	2	11	10	23
Santos	0	503	69	572
São Francisco do Sul	0	10	8	18
São Sebastião	0	6	6	12
SUAPE	1	149	18	168
Vitória	0	58	12	70

Apêndice V ::

Detalhamento da Movimentação de Carga Anual

Nesta tabela, está disposto detalhadamente a média da carga total movimentada pelos portos entre os anos de 2018 e 2020.

PORTO	MOVIMENTAÇÃO DE CARGA ANUAL (T)
Angra dos Reis	585
Aratu-Candeias	6.322.313
Cabedelo	1.182.051
Fortaleza	4.846.867
Ilhéus	219.158
Imbituba	5.617.554
Itaguaí	48.520.216
Itajaí	5.106.960
Itaqui	24.292.797
Natal	712.837
Niterói	30.972
Paranaguá	49.690.215
Recife	1.307.316
Rio de Janeiro	6.996.712
Rio Grande	19.284.570
Salvador	5.062.475
Santos	109.211.872
São Francisco do Sul	11.473.637
São Sebastião	745.484
SUAPE	24.342.001
Vitória	6.879.039

Apêndice VI ::

Detalhamento do Tipo de Carga Movimentada

Nas tabelas abaixo, estão detalhados os dados de entrada para o cálculo do indicador intermediário de tipo de carga movimentada para a ameaça de tempestade e de vendavais.

PORTO	AMEAÇA: TEMPESTADES								
	Total movimentado (t)				Total vegetal (t)				Movimentação vegetal
	2018	2019	2020	Somatório	2018	2019	2020	Somatório	
Angra dos Reis	0	1.240	514	1.754	0	0	0	0	0,00%
Aratu-Candeias	6.489.893	6.368.990	6.108.057	18.966.939	1.962.289	2.195.680	1.554.795	5.712.765	30,12%
Cabedelo	1.180.560	1.238.618	1.126.973	3.546.152	318.972	482.095	359.713	1.160.779	32,73%
Fortaleza	4.937.124	4.392.403	5.211.074	14.540.601	1.429.158	1.141.763	1.656.683	4.227.604	29,07%
Ilhéus	187.967	147.411	322.095	657.473	89.355	0	92.149	181.505	27,61%
Imbituba	5.222.993	5.761.428	5.868.241	16.852.661	2.337.774	3.058.340	2.914.155	8.310.268	49,31%
Itaguaí	56.635.105	43.186.416	45.739.128	145.560.649	0	217.469	283.096	500.565	0,34%
Itajaí	3.993.370	5.347.592	5.979.919	15.320.880	0	6	0	6	0,00%
Itaquí	22.403.221	25.171.461	25.303.708	72.878.390	13.601.547	14.505.286	16.692.951	44.799.784	61,47%
Natal	709.073	732.542	696.895	2.138.511	290.554	340.942	302.015	933.511	43,65%
Niterói	37.495	12.553	42.867	92.915	0	0	0	0	0,00%
Paranaguá	48.524.954	48.458.439	52.087.253	149.070.646	36.404.697	35.199.695	38.002.180	109.606.571	73,53%
Recife	1.228.167	1.412.426	1.281.354	3.921.947	687.794	840.760	895.494	2.424.049	61,81%
Rio de Janeiro	5.945.573	6.779.563	8.265.002	20.990.137	840.760	415.283	444.903	1.700.947	8,10%
Rio Grande	19.494.978	18.190.567	20.168.165	57.853.710	14.153.182	13.711.198	13.106.630	40.971.011	70,82%
Salvador	4.912.788	5.100.835	5.173.804	15.187.426	628.029	689.613	0	1.317.642	8,68%
Santos	107.070.729	106.211.153	114.353.735	327.635.616	56.552.316	56.091.193	0	112.643.509	34,38%
São Francisco do Sul	11.412.896	11.194.870	11.813.145	34.420.910	8.467.689	8.282.130	0	16.749.819	48,66%
São Sebastião	697.658	740.530	798.265	2.236.453	97.211	168.871	0	266.082	11,90%
SUAPE	23.435.961	23.891.460	25.698.583	73.026.004	450.756	512.656	651.451	1.614.863	2,21%
Vitória	6.704.367	6.986.921	6.945.828	20.637.116	1.586.997	1.801.673	1.682.609	5.071.279	24,57%

PORTO	AMEAÇA: VENDAVAIS									
	Média anual entre 2018, 2019 e 2020 (t)					% carga por tipo movimentada em 2018, 2019, 2020				
	Containerizada	Granel Líquido e Gasoso	Carga Geral	Granel Sólido	Total	Containerizada	Granel Líquido e Gasoso	Carga Geral	Granel Sólido	Total
Angra dos Reis	0	0	585	0	585	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
Aratu-Candeias	0	4.558.731	0	1.763.582	6.322.313	0,00%	72,11%	0,00%	27,89%	27,89%
Cabedelo	0	450.721	0	731.329	1.182.051	0,00%	38,13%	0,00%	61,87%	61,87%
Fortaleza	681.691	2.468.113	125.798	1.571.264	4.846.867	14,06%	50,92%	2,60%	32,42%	49,08%
Ilhéus	0	0	95.996	123.162	219.158	0,00%	0,00%	43,80%	56,20%	100,00%
Imbituba	888.846	61.272	261.133	4.406.303	5.617.554	15,82%	1,09%	4,65%	78,44%	98,91%
Itaguaí	2.674.617	56.272	609.334	45.179.993	48.520.216	5,51%	0,12%	1,26%	93,12%	99,88%
Itajaí	5.088.006	0	18.954	0	5.106.960	99,63%	0,00%	0,37%	0,00%	100,00%
Itaqui	43.745	6.988.621	1.238.560	16.021.872	24.292.797	0,18%	28,77%	5,10%	65,95%	71,23%
Natal	401.553	0	6.133	305.151	712.837	56,33%	0,00%	0,86%	42,81%	100,00%
Niterói	0	0	30.972	0	30.972	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
Paranaguá	9.455.350	3.330.431	1.478.550	35.425.884	49.690.215	19,03%	6,70%	2,98%	71,29%	93,30%
Recife	0	5.594	479.437	822.284	1.307.316	0,00%	0,43%	36,67%	62,90%	99,57%
Rio de Janeiro	4.469.491	217.464	622.640	1.687.117	6.996.712	63,88%	3,11%	8,90%	24,11%	96,89%
Rio Grande	7.975.738	3.162.084	769.352	7.377.397	19.284.570	41,36%	16,40%	3,99%	38,26%	83,60%
Salvador	4.196.211	0	278.634	587.631	5.062.475	82,89%	0,00%	5,50%	11,61%	100,00%
Santos	35.977.879	13.719.596	3.731.415	55.782.981	109.211.872	32,94%	12,56%	3,42%	51,08%	87,44%
São Francisco do Sul	0	13.392	2.822.140	8.638.105	11.473.637	0,00%	0,12%	24,60%	75,29%	99,88%
São Sebastião	0	5.640	80.030	659.814	745.484	0,00%	0,76%	10,74%	88,51%	99,24%
SUAPE	5.355.735	18.124.698	346.700	514.869	24.342.001	22,00%	74,46%	1,42%	2,12%	25,54%
Vitória	2.718.846	767.250	600.543	2.792.400	6.879.039	39,52%	11,15%	8,73%	40,59%	88,85%

Apêndice VII ::

Estrutura Hierárquica do Risco de Tempestade, Vendaval e Aumento do Nível do Mar

Nesta tabela, está disposto detalhadamente a média da carga total movimentada pelos portos entre os anos de 2018 e 2020.

Figura VII.1: Estrutura Hierárquica do Índice de Risco de Tempestades

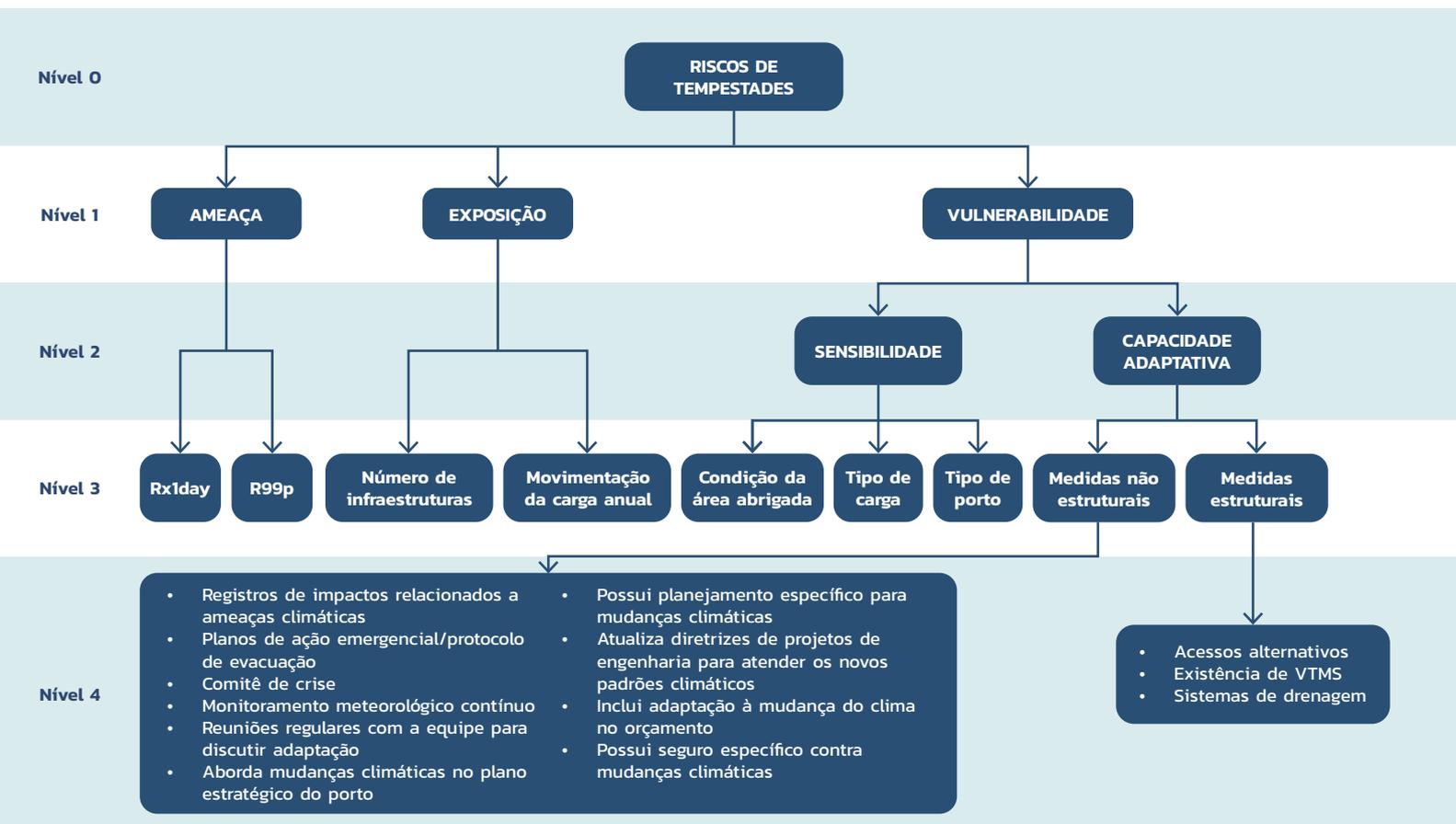


Figura VII.2: Estrutura Hierárquica do Índice de Risco de Vendavais

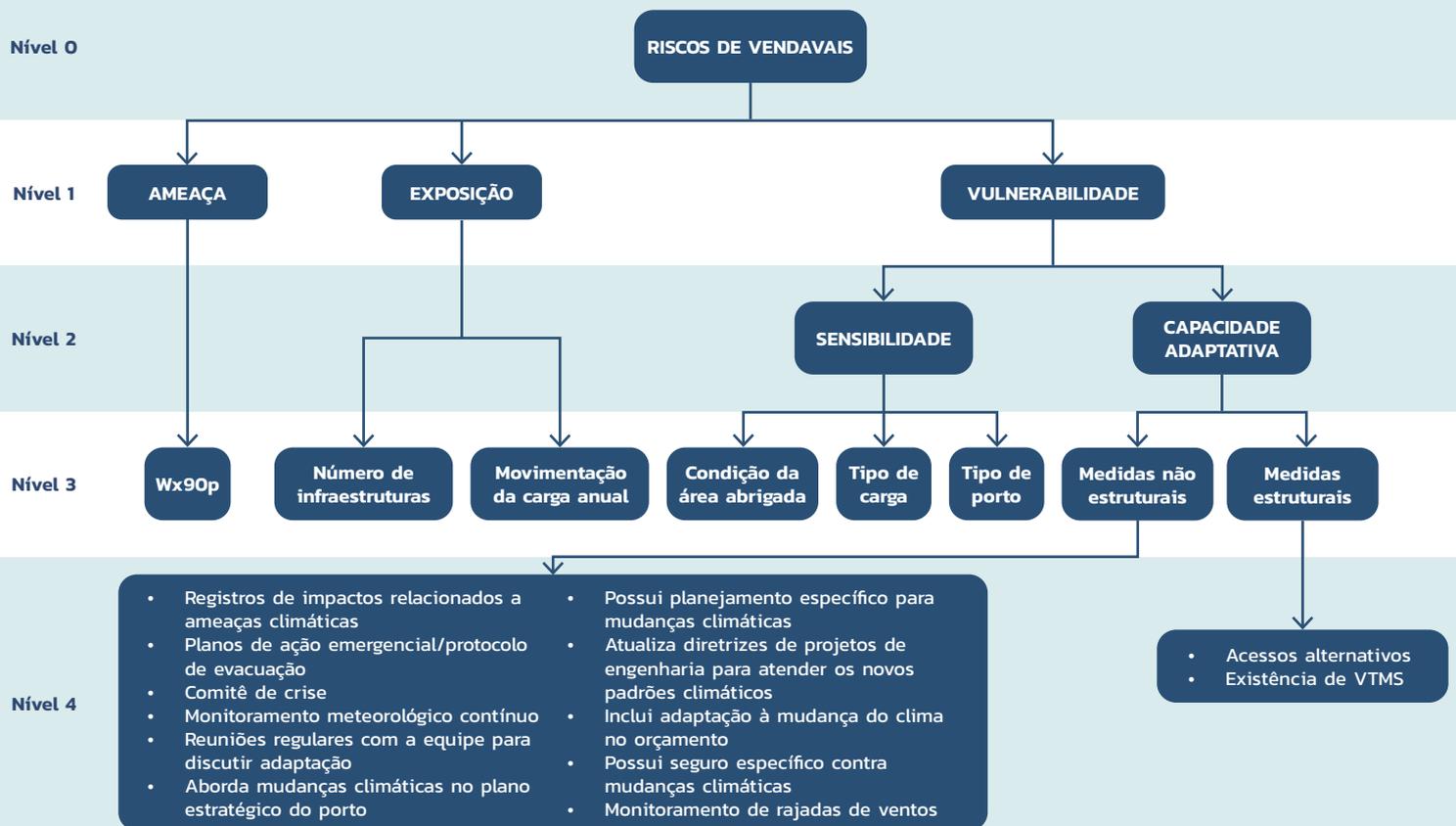
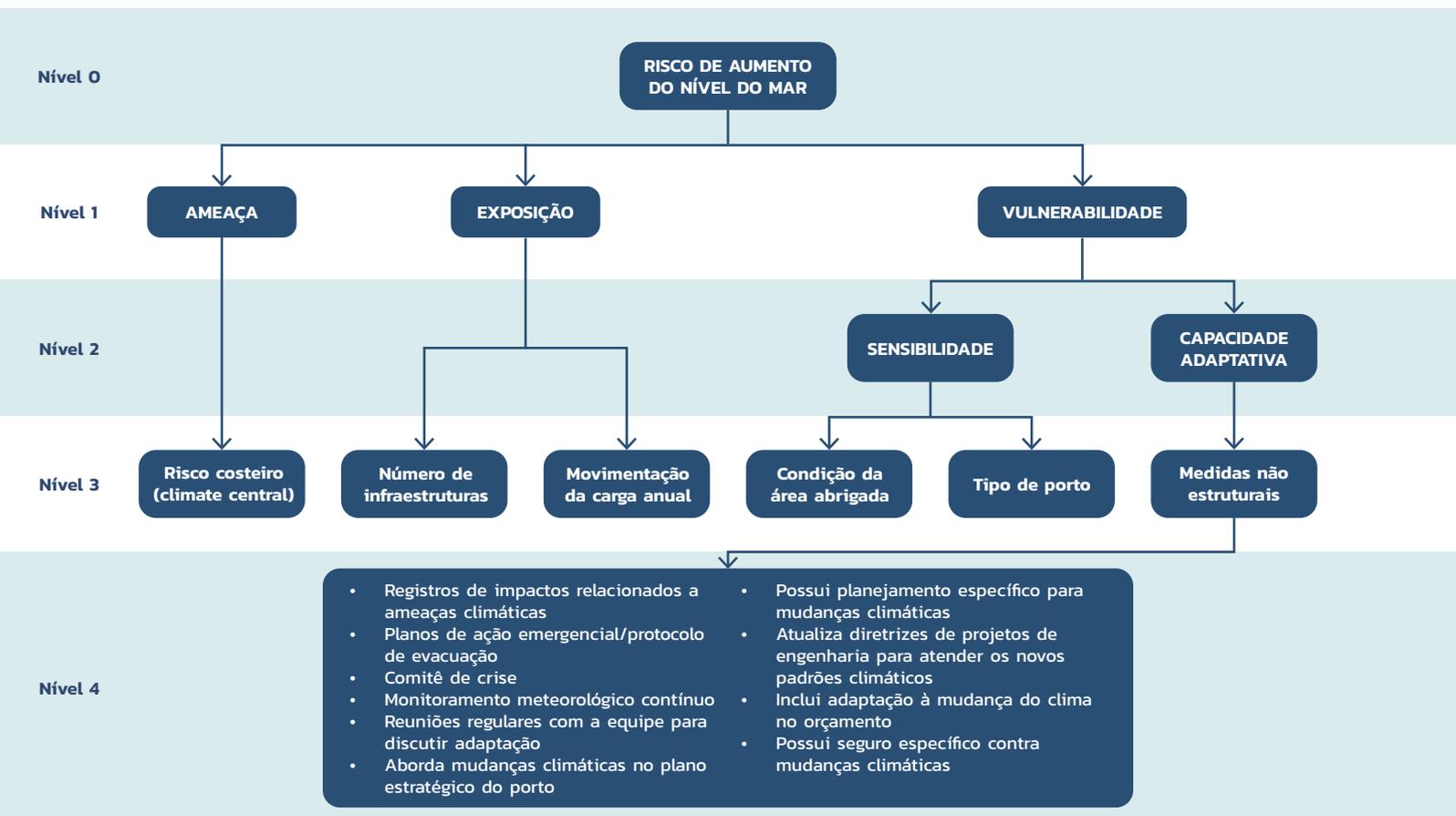


Figura VII.3: Estrutura Hierárquica do Índice de Risco de Aumento do Nível do Mar



Apêndice VIII ::

Indicadores de Ameaça, Exposição e Vulnerabilidade

Tabela VIII.1: Indicadores do Índice de Risco de Tempestades

PORTO	INDICADOR DE AMEAÇA				INDICADOR DE EXPOSIÇÃO	INDICADOR DE VULNERABILIDADE	
	Observado	RCP4.5		RCP8.5			
		2030	2050	2030			2050
Angra dos Reis	0,563	0,568	0,561	0,550	0,564	0,463	0,333
Aratu-Candeias	0,778	0,783	0,777	0,765	0,765	0,823	0,476
Cabedelo	0,701	0,720	0,722	0,708	0,697	0,672	0,558
Fortaleza	0,502	0,530	0,537	0,529	0,546	0,664	0,469
Ilhéus	0,647	0,647	0,663	0,648	0,652	0,543	0,372
Imbituba	0,553	0,571	0,566	0,562	0,570	0,662	0,519
Itaguaí	0,529	0,540	0,535	0,535	0,547	0,755	0,305
Itajaí	0,567	0,574	0,567	0,561	0,569	0,606	0,275
Itaquí	0,384	0,420	0,438	0,418	0,459	0,835	0,280
Natal	0,753	0,754	0,769	0,749	0,728	0,669	0,482
Niterói	0,589	0,605	0,592	0,594	0,606	0,462	0,281
Paranaguá	0,587	0,593	0,589	0,585	0,595	0,919	0,375
Recife	0,764	0,793	0,789	0,801	0,781	0,700	0,430
Rio de Janeiro	0,589	0,605	0,592	0,594	0,606	0,815	0,307
Rio Grande	0,523	0,514	0,516	0,522	0,518	0,908	0,647
Salvador	0,778	0,782	0,778	0,768	0,771	0,683	0,267
Santos	0,604	0,614	0,600	0,598	0,616	1,000	0,318
São Francisco do Sul	0,603	0,609	0,602	0,598	0,608	0,659	0,612
São Sebastião	0,632	0,640	0,627	0,617	0,637	0,597	0,485
SUAPE	0,865	0,894	0,889	0,902	0,882	0,860	0,249
Vitória	0,616	0,620	0,609	0,608	0,609	0,758	0,262

Tabela VIII.2: Indicadores do Índice de Risco de Vendavais

PORTO	INDICADOR DE AMEAÇA				INDICADOR DE EXPOSIÇÃO	INDICADOR DE VULNERABILIDADE	
	Observado	RCP4.5		RCP8.5			
		2030	2050	2030			2050
Angra dos Reis	0,610	0,665	0,736	0,680	0,752	0,464	0,522
Aratu-Candeias	0,623	0,726	0,753	0,773	0,909	0,825	0,391
Cabedelo	0,575	0,734	0,797	0,781	0,953	0,672	0,467
Fortaleza	0,588	0,703	0,763	0,730	0,832	0,601	0,612
Ilhéus	0,625	0,697	0,739	0,735	0,829	0,524	0,737
Imbituba	0,634	0,646	0,669	0,665	0,696	0,639	0,763
Itaguaí	0,608	0,659	0,734	0,684	0,751	0,738	0,560
Itajaí	0,628	0,649	0,658	0,661	0,681	0,556	0,388
Itaqui	0,639	0,731	0,788	0,804	0,870	0,837	0,323
Natal	0,582	0,756	0,849	0,802	1,000	0,666	0,489
Niterói	0,599	0,649	0,717	0,683	0,739	0,440	0,499
Paranaguá	0,614	0,663	0,694	0,672	0,718	0,921	0,456
Recife	0,579	0,669	0,695	0,694	0,796	0,689	0,741
Rio de Janeiro	0,600	0,648	0,716	0,682	0,738	0,805	0,489
Rio Grande	0,633	0,653	0,671	0,652	0,668	0,911	0,492
Salvador	0,626	0,714	0,736	0,754	0,874	0,652	0,672
Santos	0,620	0,656	0,711	0,673	0,724	1,000	0,480
São Francisco do Sul	0,621	0,657	0,669	0,662	0,694	0,617	0,627
São Sebastião	0,622	0,656	0,718	0,681	0,735	0,574	0,605
SUAPE	0,579	0,656	0,674	0,678	0,765	0,858	0,403
Vitória	0,618	0,712	0,806	0,764	0,849	0,750	0,253

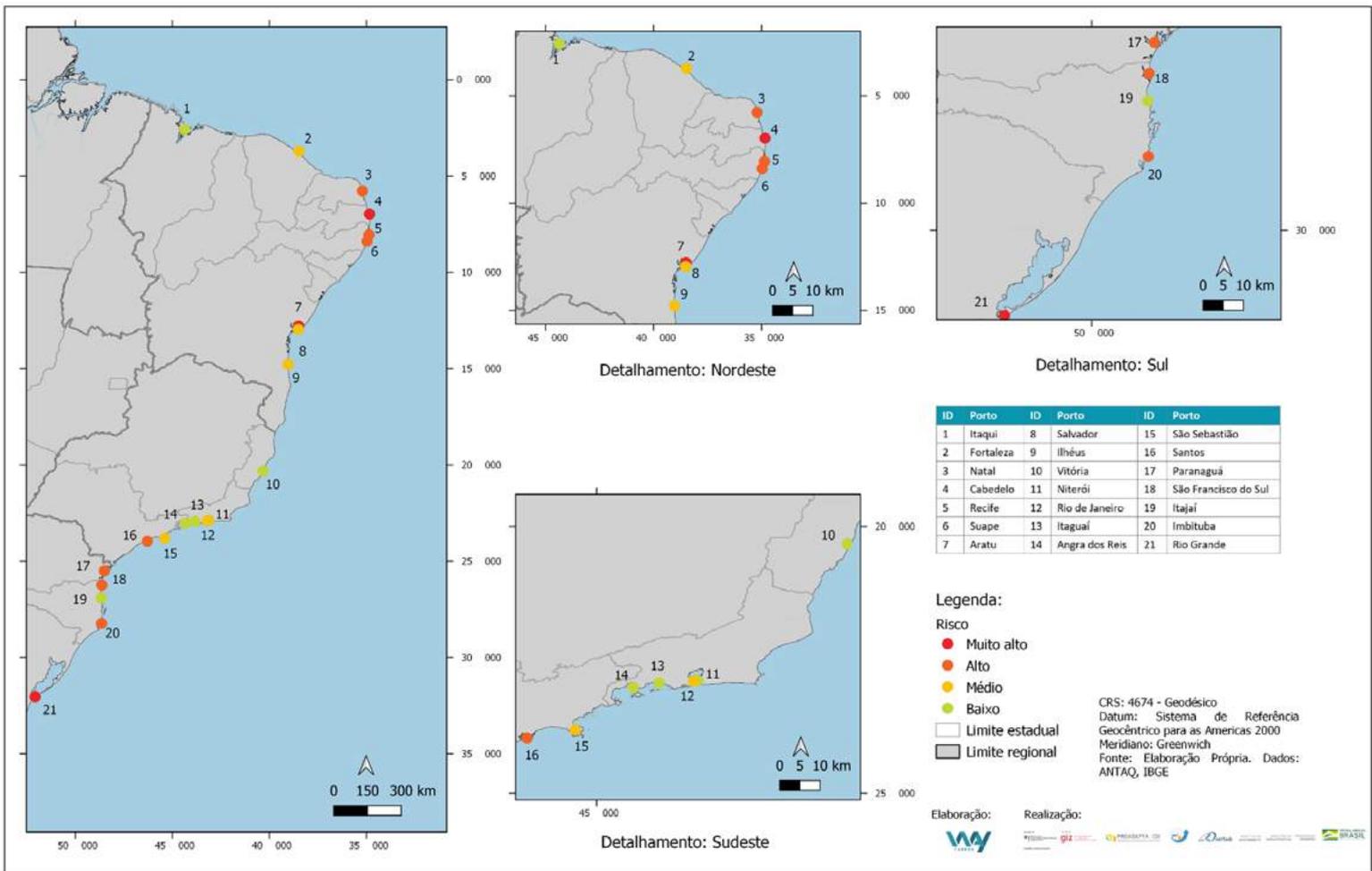
Tabela VIII.2: Indicadores do Índice de Risco de Aumento do Nível do Mar

PORTO	INDICADOR DE AMEAÇA				INDICADOR DE EXPOSIÇÃO	INDICADOR DE VULNERABILIDADE
	RCP4.5		RCP8.5			
	2030	2050	2030	2050		
Angra dos Reis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,472	0,466
Aratu-Candeias	1,00	1,00	1,00	1,00	0,834	0,580
Cabedelo	1,00	1,00	1,00	1,00	0,683	0,454
Fortaleza	1,00	1,00	1,00	1,00	0,666	0,565
Ilhéus	1,00	1,00	1,00	1,00	0,540	0,446
Imbituba	1,00	1,00	1,00	1,00	0,670	0,509
Itaguaí	1,00	1,00	1,00	1,00	0,725	0,488
Itajaí	1,00	1,00	1,00	1,00	0,581	0,106
Itaquí	1,00	1,00	1,00	1,00	0,844	0,265
Natal	1,00	1,00	1,00	1,00	0,678	0,297
Niterói	0,00	0,00	0,00	0,00	0,406	0,430
Paranaguá	1,00	1,00	1,00	1,00	0,927	0,435
Recife	1,00	1,00	1,00	1,00	0,704	0,437
Rio de Janeiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,790	0,430
Rio Grande	1,00	1,00	1,00	1,00	0,915	0,509
Salvador	1,00	1,00	1,00	1,00	0,664	0,343
Santos	1,00	1,00	1,00	1,00	1,000	0,392
São Francisco do Sul	1,00	1,00	1,00	1,00	0,667	0,584
São Sebastião	1,00	1,00	1,00	1,00	0,561	0,584
SUAPE	1,00	1,00	1,00	1,00	0,863	0,321
Vitória	1,00	1,00	1,00	1,00	0,760	0,378

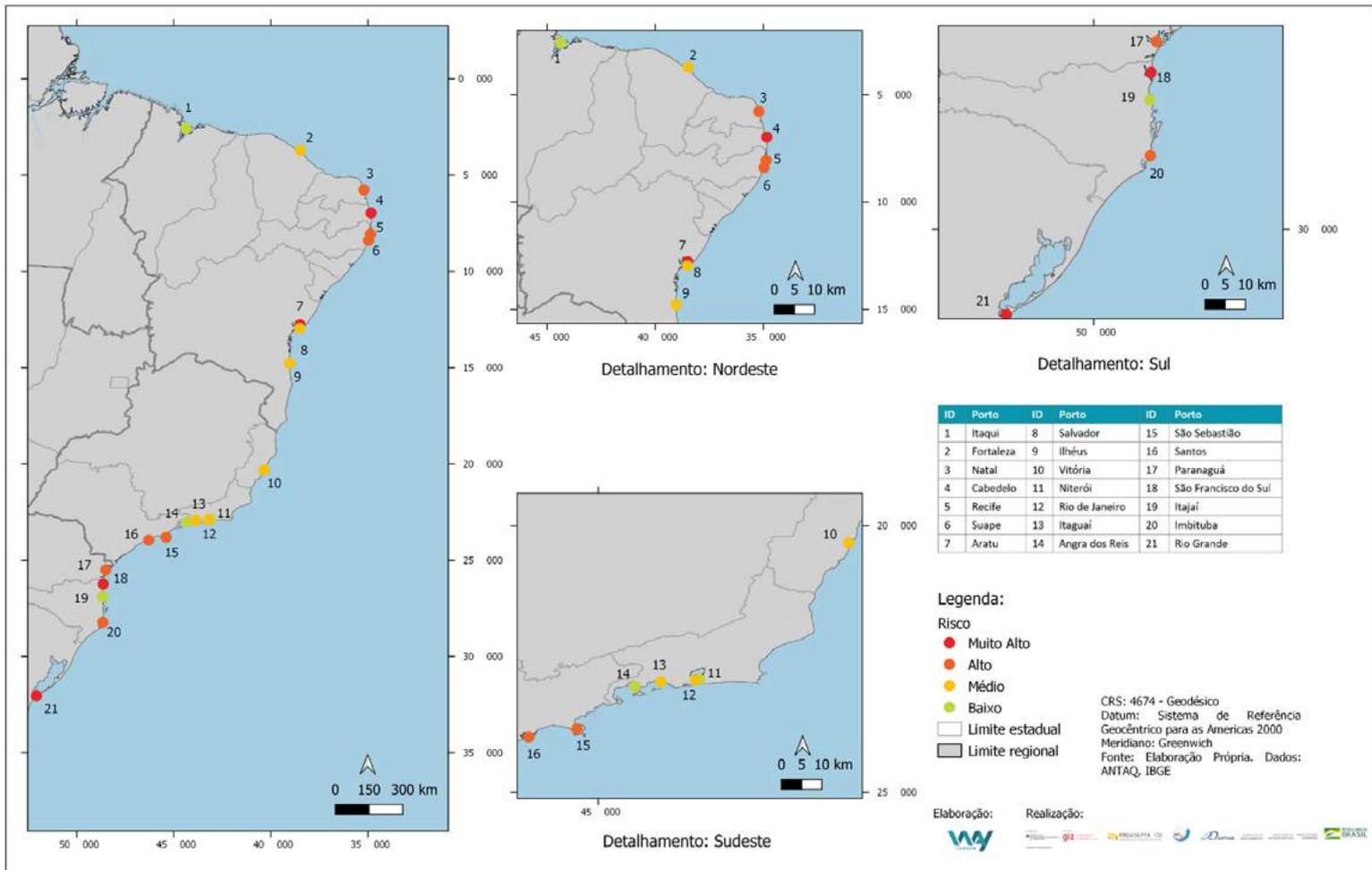
Apêndice IX ::

Mapas dos Índices de Risco Climático

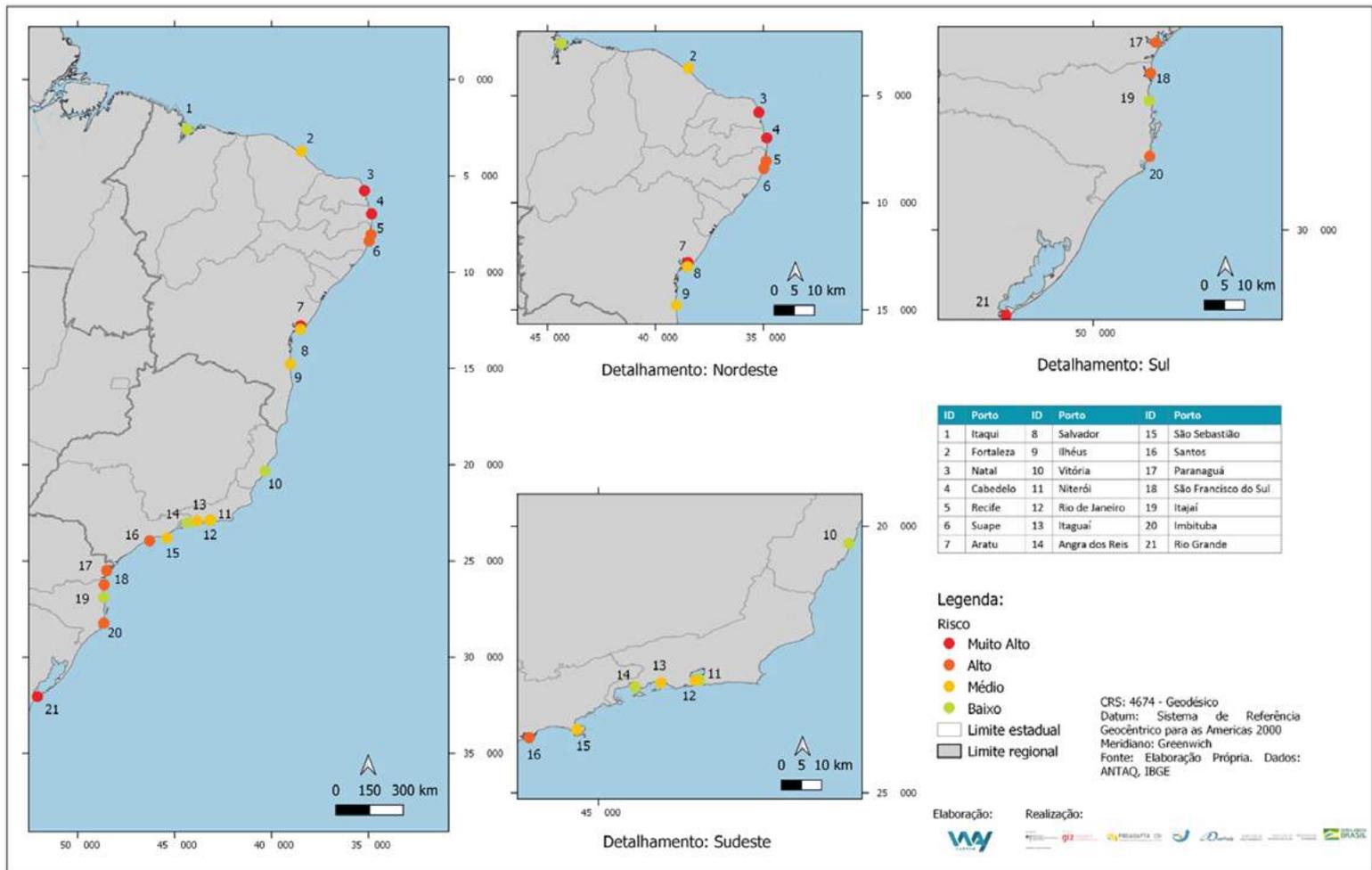
Mapa IX.1: Mapa do índice de risco de tempestades para o período observado



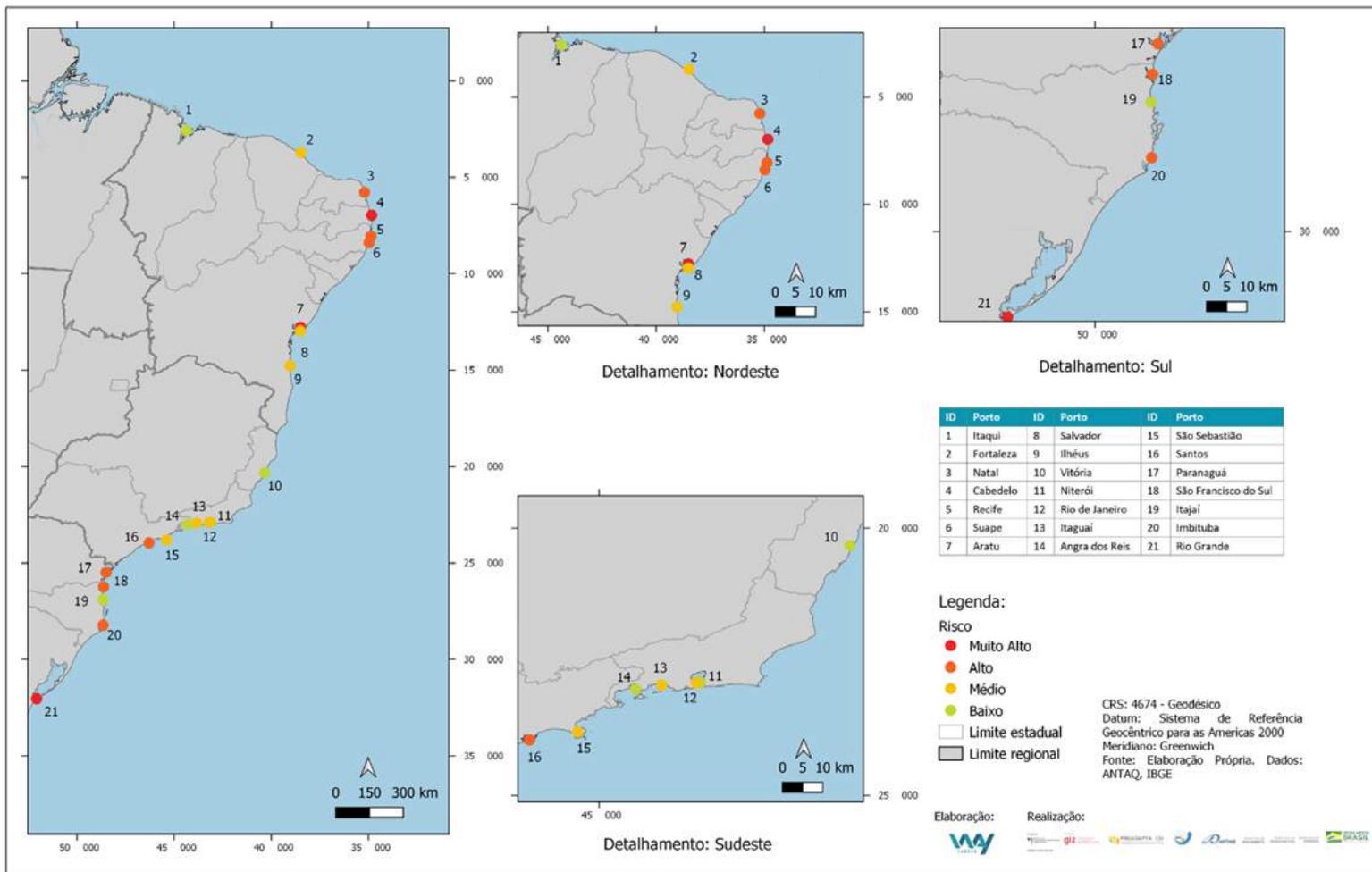
Mapa IX.2: Mapa do índice de risco de tempestades para o período projetado para 2030 no cenário RCP 4.5



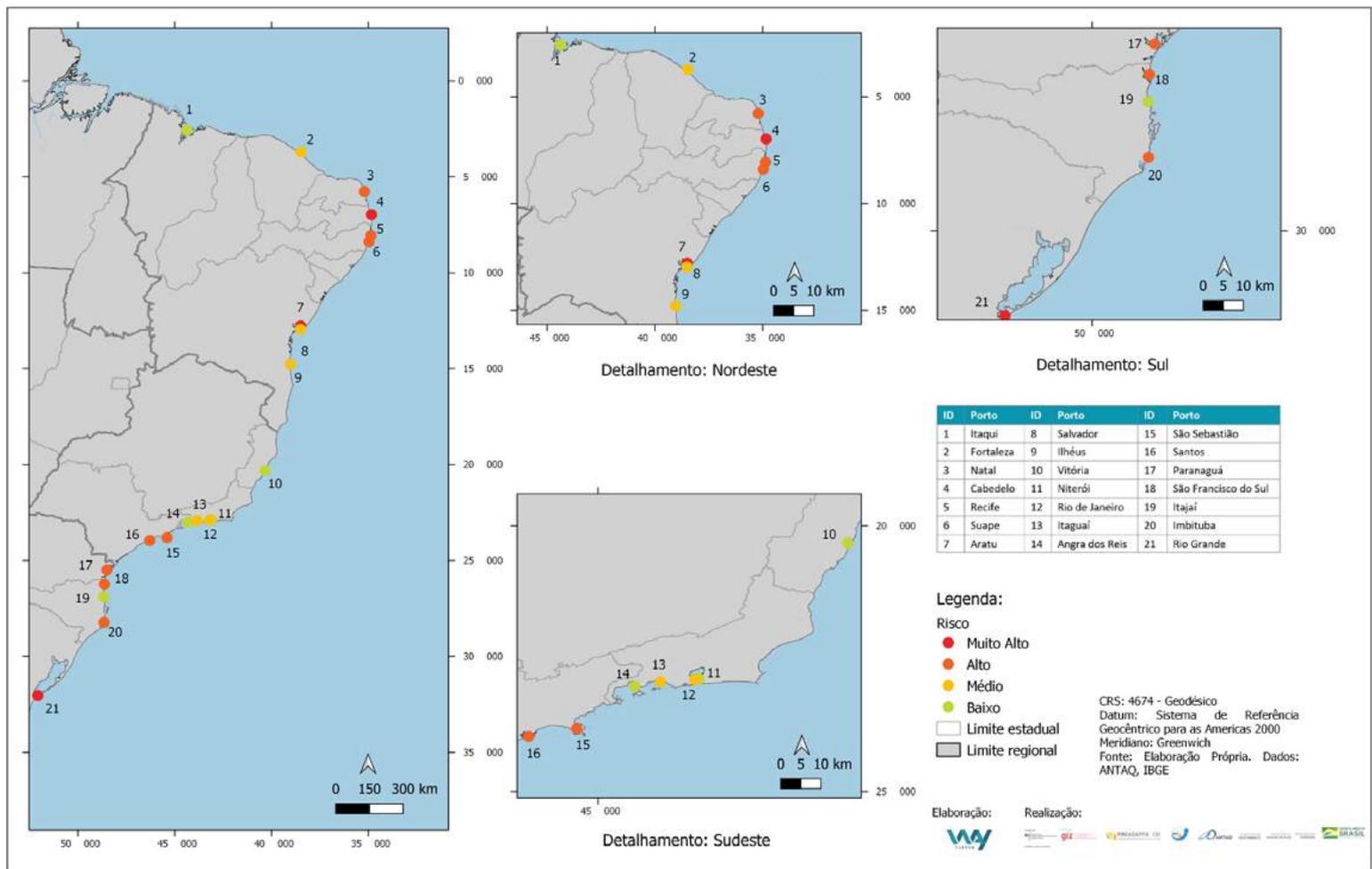
Mapa IX.3: Mapa do índice de risco de tempestades para o período projetado para 2050 no cenário RCP 4.5



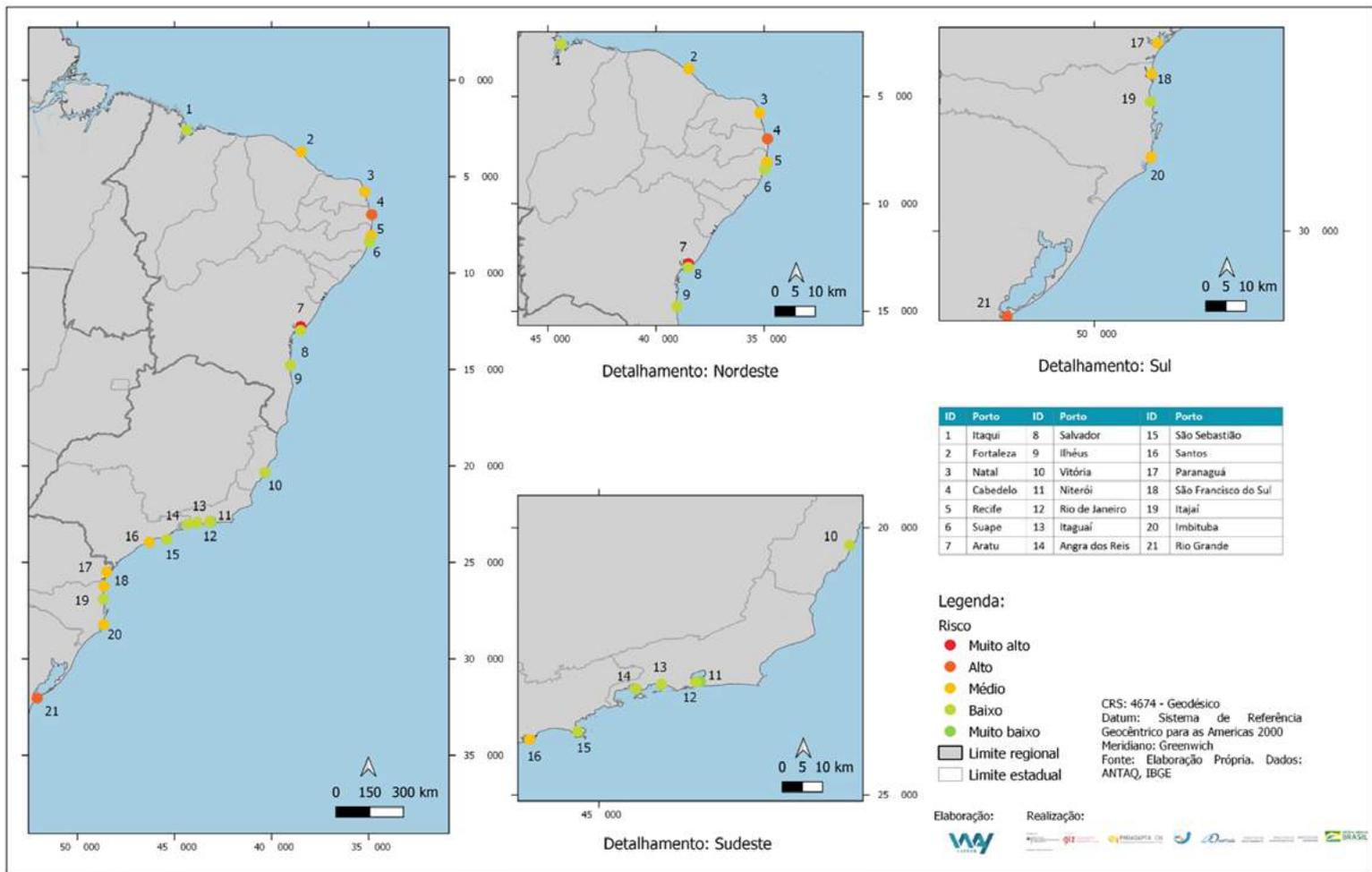
Mapa IX.4: Mapa do índice de risco de tempestades para o período projetado para 2030 no cenário RCP 8.5



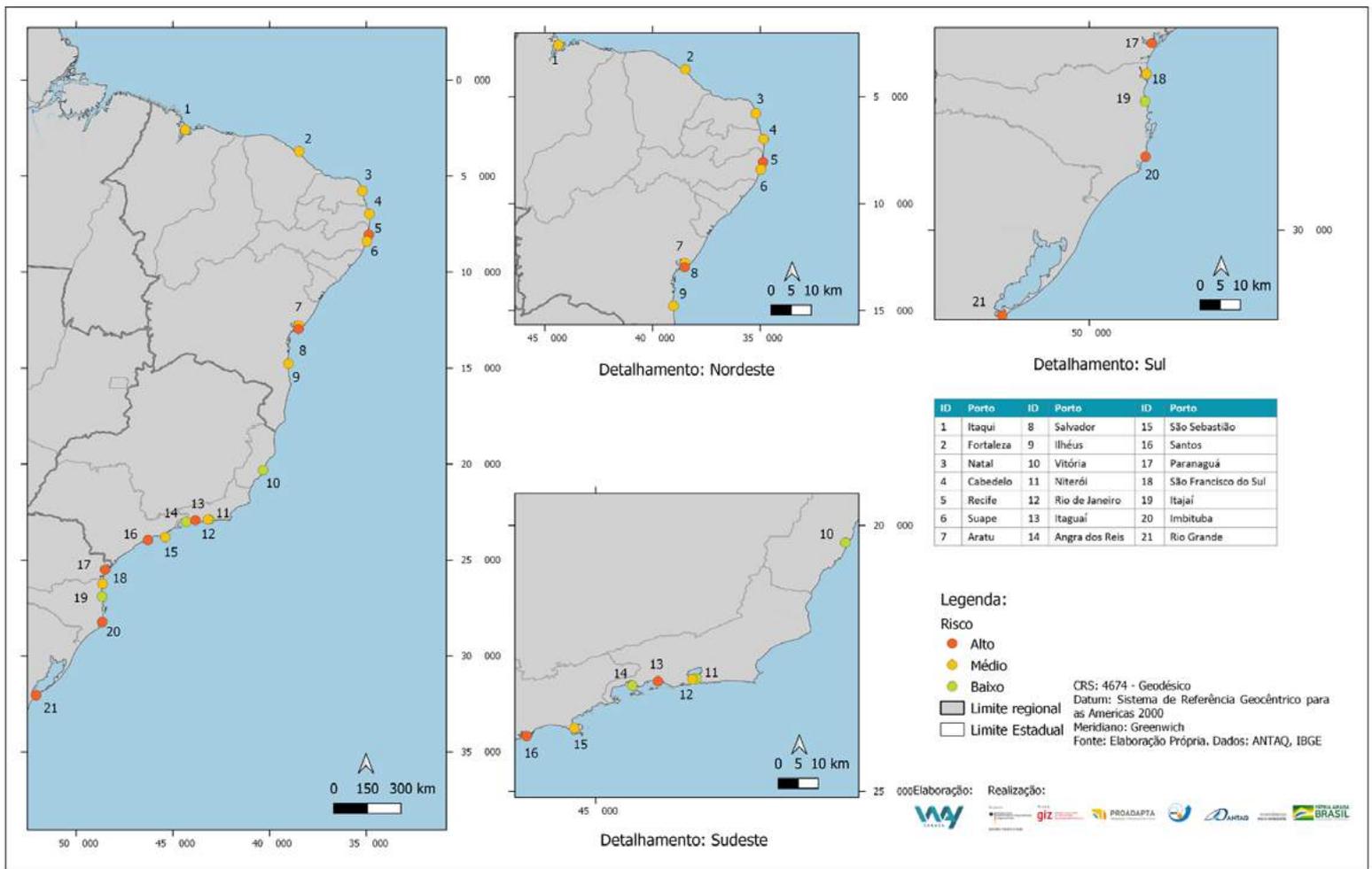
Mapa IX.5: Mapa do índice de risco de tempestades para o período projetado para 2050 no cenário RCP 8.5



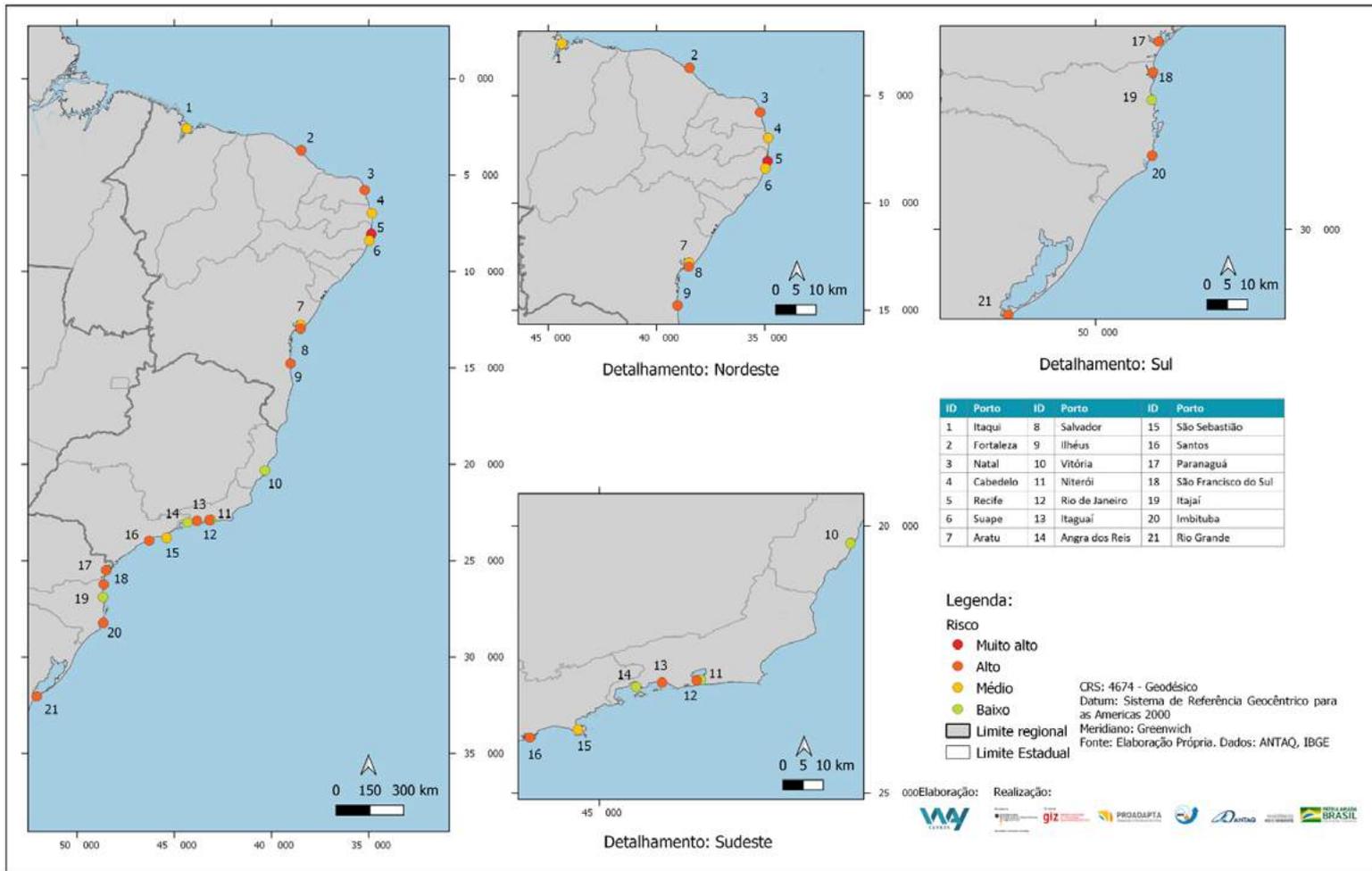
Mapa IX.6: Mapa do índice de risco de vendavais para o período observado



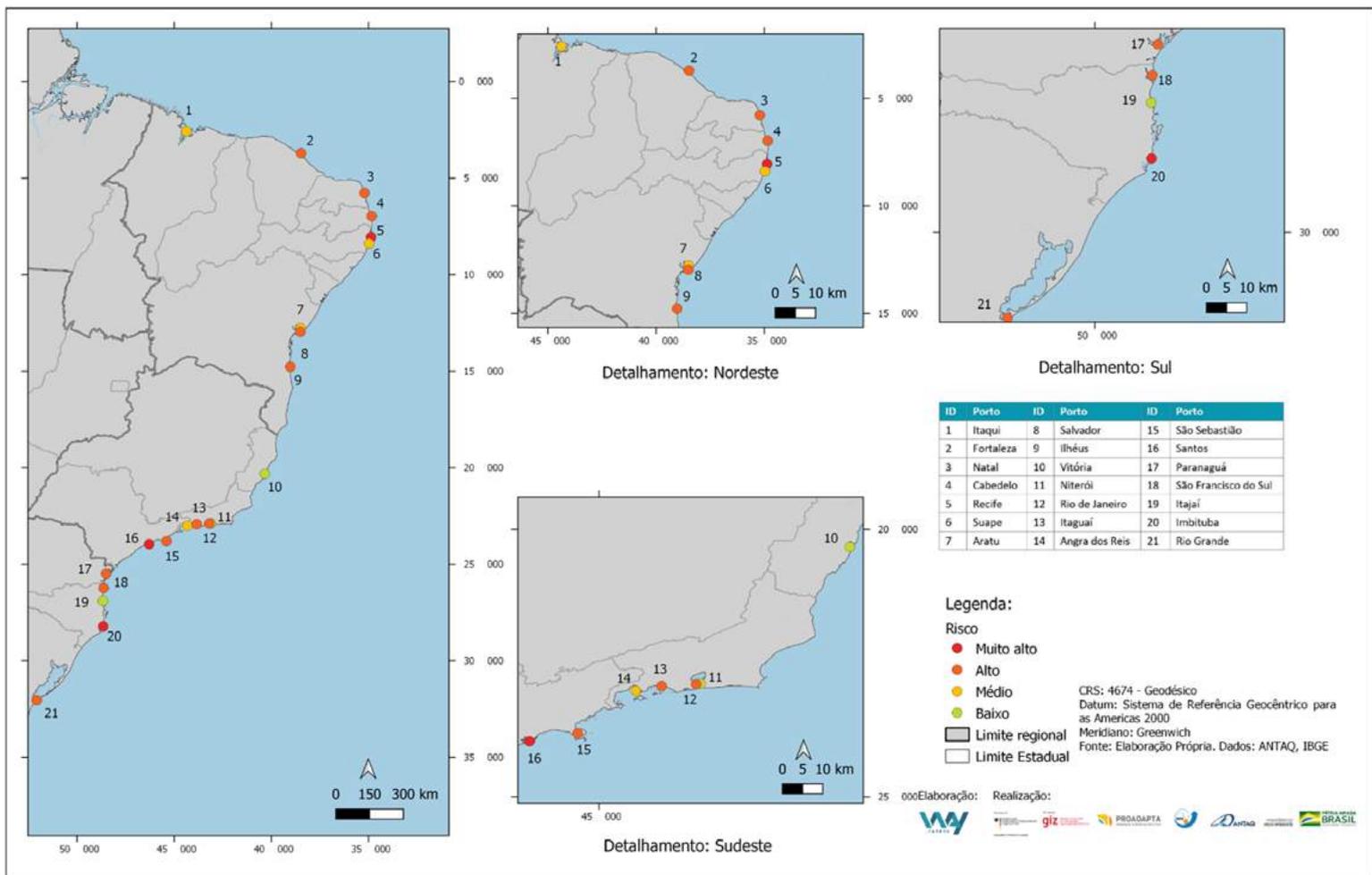
Mapa IX.7: Mapa do índice de risco de vendavais para o período projetado para 2030 no cenário RCP 4.5



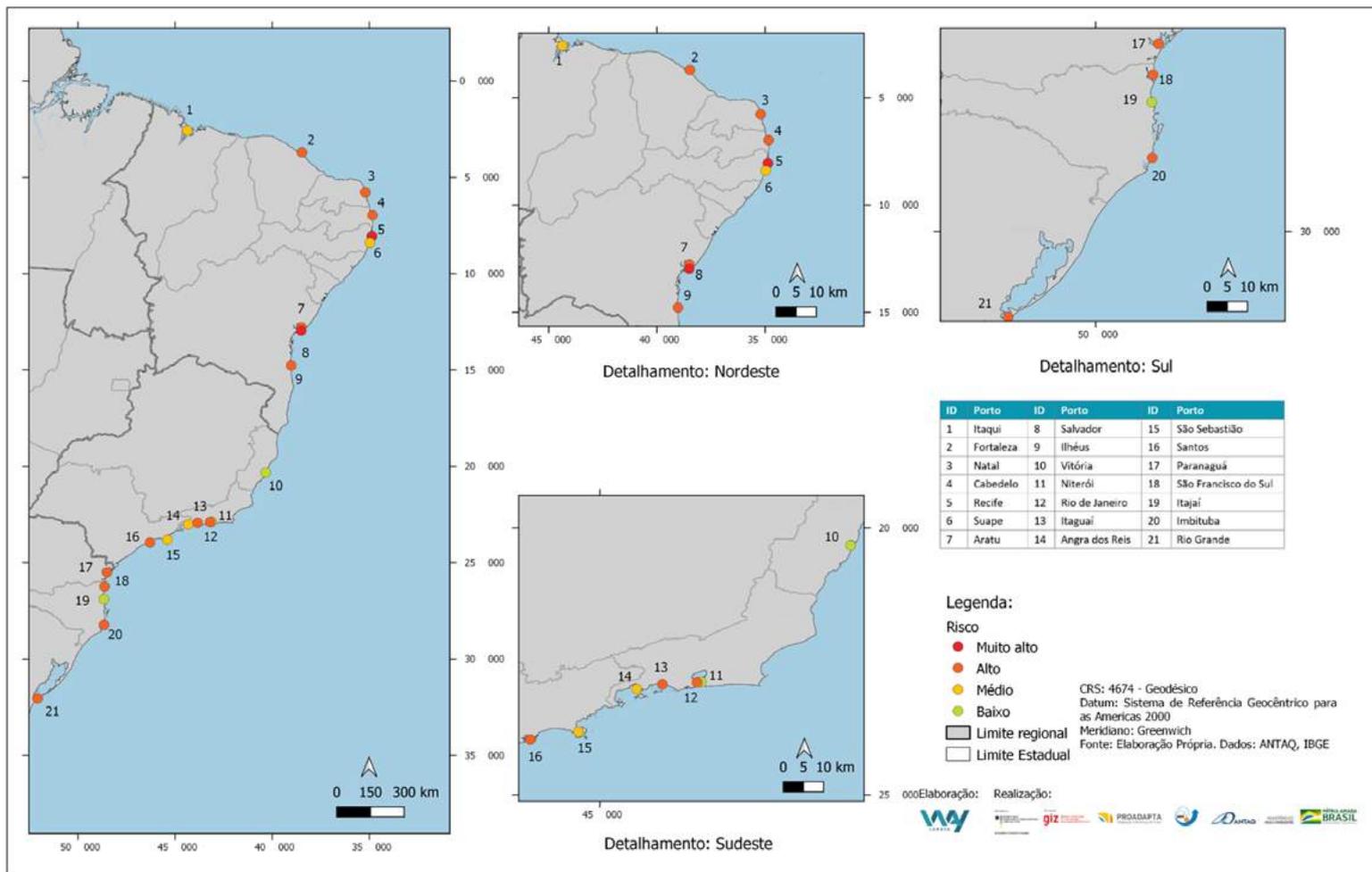
Mapa IX.8: Mapa do índice de risco de vendavais para o período projetado para 2050 no cenário RCP 4.5



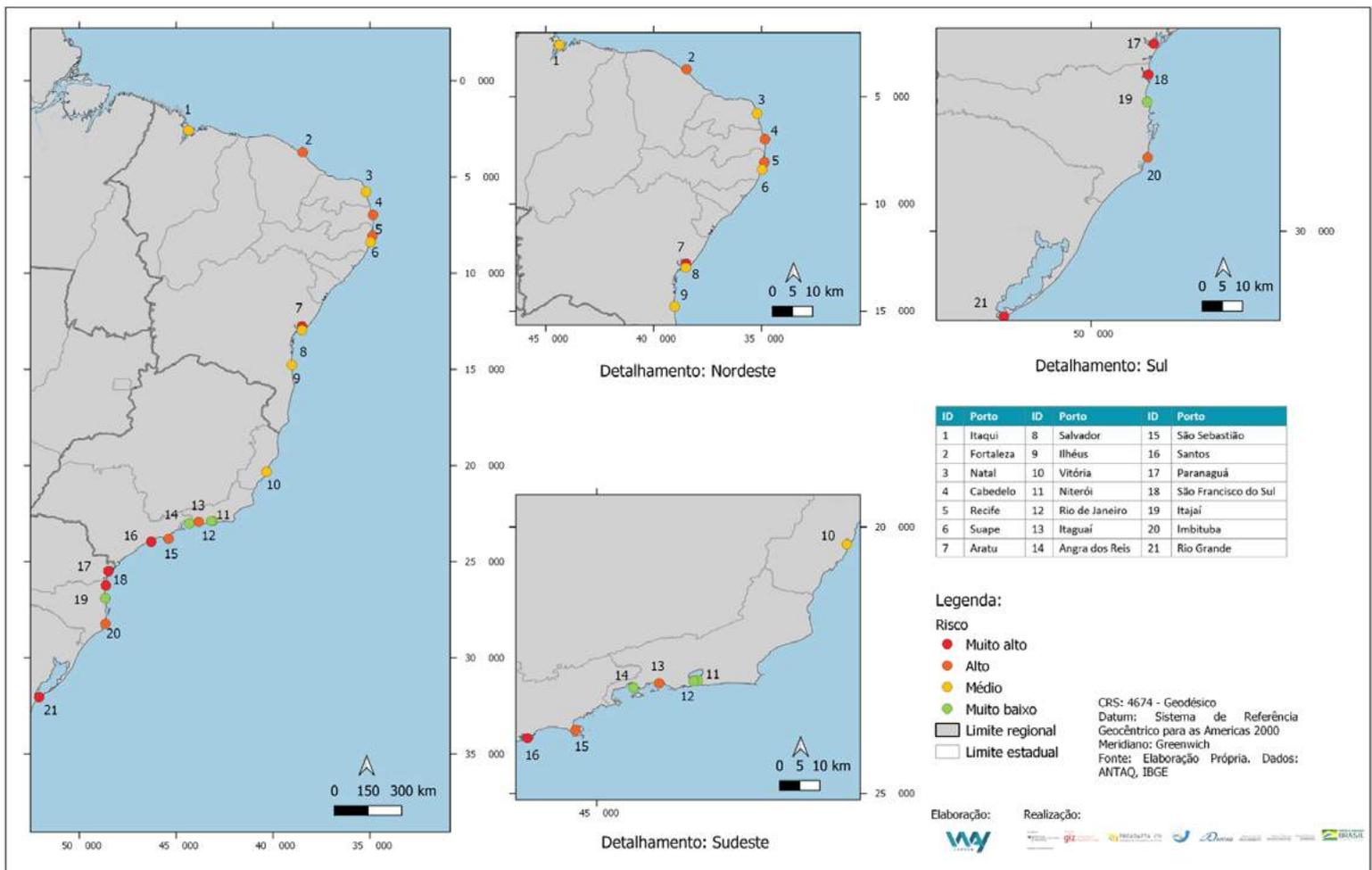
Mapa IX.9: Mapa do índice de risco de vendavais para o período projetado para 2030 no cenário RCP 8.5



Mapa IX.10: Mapa do índice de risco de vendavais para o período projetado para 2050 no cenário RCP 8.5



Mapa IX.11: Mapa do índice de risco de aumento do nível do mar para o período projetado para 2030 e 2050 no cenário 4.5 e 8.5



Apêndice X :: Detalhamento Ranking de Risco

Figura X.1: Ranking do Índice de risco para a ameaça de tempestades considerando todos os períodos e cenários analisados

POSIÇÃO	PORTO	OBSERVADO	POSIÇÃO	PORTO	RCP4.5 2030	POSIÇÃO	PORTO	RCP4.5 2050	POSIÇÃO	PORTO	RCP8.5 2030	POSIÇÃO	PORTO	RCP8.5 2050
1°	Rio Grande	1,000	1°	Aratu-Candeias	1,000	1°	Aratu-Candeias	0,992	1°	Rio Grande	0,998	1°	Rio Grande	0,991
2°	Aratu-Candeias	0,993	2°	Rio Grande	0,983	2°	Rio Grande	0,987	2°	Aratu-Candeias	0,977	2°	Aratu-Candeias	0,977
3°	Cabedelo	0,856	3°	Cabedelo	0,880	3°	Cabedelo	0,882	3°	Cabedelo	0,864	3°	Cabedelo	0,851
4°	Natal	0,792	4°	São Francisco do Sul	0,801	4°	Natal	0,809	4°	Natal	0,788	4°	São Francisco do Sul	0,798
5°	São Francisco do Sul	0,792	5°	Natal	0,793	5°	São Francisco do Sul	0,791	5°	Recife	0,787	5°	Recife	0,767
6°	Recife	0,750	6°	Recife	0,779	6°	Recife	0,774	6°	São Francisco do Sul	0,785	6°	Natal	0,766
7°	Paranaguá	0,661	7°	Paranaguá	0,666	7°	Paranaguá	0,663	7°	Paranaguá	0,658	7°	Paranaguá	0,670
8°	Santos	0,627	8°	Imbituba	0,638	8°	Imbituba	0,632	8°	SUAPE	0,630	8°	Santos	0,639
9°	Imbituba	0,618	9°	Santos	0,636	9°	Santos	0,622	9°	Imbituba	0,628	9°	Imbituba	0,637
10°	SUAPE	0,604	10°	SUAPE	0,625	10°	SUAPE	0,622	10°	Santos	0,620	10°	SUAPE	0,617
11°	São Sebastião	0,596	11°	São Sebastião	0,604	11°	São Sebastião	0,591	11°	São Sebastião	0,582	11°	São Sebastião	0,601
12°	Fortaleza	0,509	12°	Fortaleza	0,537	12°	Fortaleza	0,544	12°	Fortaleza	0,536	12°	Fortaleza	0,553
13°	Rio de Janeiro	0,481	13°	Rio de Janeiro	0,494	13°	Rio de Janeiro	0,483	13°	Rio de Janeiro	0,484	13°	Rio de Janeiro	0,495
14°	Salvador	0,461	14°	Salvador	0,464	14°	Salvador	0,462	14°	Salvador	0,456	14°	Salvador	0,458
15°	Ilhéus	0,426	15°	Ilhéus	0,426	15°	Ilhéus	0,436	15°	Ilhéus	0,427	15°	Ilhéus	0,429
16°	Vitória	0,398	16°	Itaguaí	0,406	16°	Itaguaí	0,401	16°	Itaguaí	0,401	16°	Itaguaí	0,410
17°	Itaguaí	0,397	17°	Vitória	0,400	17°	Vitória	0,394	17°	Vitória	0,393	17°	Vitória	0,394
18°	Itajaí	0,308	18°	Itaquí	0,319	18°	Itaquí	0,333	18°	Itaquí	0,318	18°	Itaquí	0,349
19°	Itaquí	0,292	19°	Itajaí	0,312	19°	Itajaí	0,308	19°	Itajaí	0,304	19°	Itajaí	0,309
20°	Angra dos Reis	0,283	20°	Angra dos Reis	0,285	20°	Angra dos Reis	0,282	20°	Angra dos Reis	0,277	20°	Angra dos Reis	0,284
21°	Niterói	0,249	21°	Niterói	0,256	21°	Niterói	0,250	21°	Niterói	0,251	21°	Niterói	0,256

Figura X.2: Índice de risco para a ameaça de vendavais considerando todos os períodos e cenários analisados

POSIÇÃO	PORTO	OBSERVADO	POSIÇÃO	PORTO	RCP4.5 2030	POSIÇÃO	PORTO	RCP4.5 2050	POSIÇÃO	PORTO	RCP8.5 2030	POSIÇÃO	PORTO	RCP8.5 2050
1°	Imbituba	0,761	1°	Recife	0,840	1°	Recife	0,873	1°	Recife	0,872	1°	Recife	1,000
2°	Santos	0,733	2°	Santos	0,777	2°	Santos	0,847	2°	Salvador	0,813	2°	Salvador	0,944
3°	Recife	0,728	3°	Imbituba	0,776	3°	Imbituba	0,804	3°	Imbituba	0,799	3°	Santos	0,857
4°	Rio Grande	0,698	4°	Salvador	0,771	4°	Salvador	0,794	4°	Santos	0,796	4°	Imbituba	0,835
5°	Salvador	0,676	5°	Rio Grande	0,721	5°	Itaguaí	0,747	5°	Rio Grande	0,719	5°	Natal	0,802
6°	Paranaguá	0,634	6°	Paranaguá	0,686	6°	Rio Grande	0,741	6°	Ilhéus	0,699	6°	Ilhéus	0,789
7°	Itaguaí	0,618	7°	Itaguaí	0,670	7°	Paranaguá	0,717	7°	Itaguaí	0,696	7°	Itaguaí	0,764
8°	Ilhéus	0,595	8°	Ilhéus	0,663	8°	Ilhéus	0,703	8°	Paranaguá	0,695	8°	Fortaleza	0,754
9°	São Francisco do Sul	0,592	9°	Fortaleza	0,638	9°	Rio de Janeiro	0,694	9°	Fortaleza	0,662	9°	Paranaguá	0,741
10°	Rio de Janeiro	0,581	10°	Rio de Janeiro	0,628	10°	Fortaleza	0,692	10°	Rio de Janeiro	0,660	10°	Cabedelo	0,737
11°	Fortaleza	0,534	11°	São Francisco do Sul	0,626	11°	Natal	0,681	11°	Natal	0,643	11°	Rio Grande	0,737
12°	São Sebastião	0,532	12°	Natal	0,607	12°	São Francisco do Sul	0,638	12°	São Francisco do Sul	0,631	12°	Aratu-Candeias	0,723
13°	Aratu-Candeias	0,496	13°	Aratu-Candeias	0,578	13°	Cabedelo	0,617	13°	Aratu-Candeias	0,615	13°	Rio de Janeiro	0,715
14°	SUAPE	0,494	14°	Cabedelo	0,568	14°	São Sebastião	0,614	14°	Cabedelo	0,604	14°	São Francisco do Sul	0,661
15°	Natal	0,467	15°	São Sebastião	0,562	15°	Aratu-Candeias	0,599	15°	São Sebastião	0,582	15°	SUAPE	0,653
16°	Cabedelo	0,445	16°	SUAPE	0,560	16°	SUAPE	0,575	16°	SUAPE	0,579	16°	São Sebastião	0,629
17°	Itaqui	0,426	17°	Itaqui	0,487	17°	Itaqui	0,525	17°	Itaqui	0,536	17°	Itaqui	0,580
18°	Angra dos Reis	0,364	18°	Angra dos Reis	0,397	18°	Angra dos Reis	0,440	18°	Angra dos Reis	0,406	18°	Angra dos Reis	0,449
19°	Itajaí	0,334	19°	Niterói	0,351	19°	Niterói	0,388	19°	Niterói	0,369	19°	Niterói	0,400
20°	Niterói	0,324	20°	Itajaí	0,345	20°	Vitória	0,377	20°	Vitória	0,357	20°	Vitória	0,396
21°	Vitória	0,288	21°	Vitória	0,333	21°	Itajaí	0,350	21°	Itajaí	0,351	21°	Itajaí	0,361

Figura X.3: Índice de risco para a ameaça de aumento do nível do mar considerando todos os períodos e cenários analisados

POSIÇÃO	PORTO	RCP4.5 2030	POSIÇÃO	PORTO	RCP4.5 2050	POSIÇÃO	PORTO	RCP8.5 2030	POSIÇÃO	PORTO	RCP8.5 2050
1°	Aratu-Candeias	1,000									
2°	Rio Grande	0,963									
3°	Paranaguá	0,834									
4°	Santos	0,811									
5°	São Francisco do Sul	0,805	5°	São Francisco do Sul	0,805	5°	São Francisco do Sul	0,805	5°	São Francisco do Sul	0,805
6°	Fortaleza	0,778									
7°	Itaguaí	0,731									
8°	Imbituba	0,705									
9°	São Sebastião	0,678									
10°	Cabedelo	0,640									
11°	Recife	0,637									
12°	Vitória	0,595									
13°	SUAPE	0,573									
14°	Ilhéus	0,499									
15°	Salvador	0,471									
16°	Itaqui	0,463									
17°	Natal	0,416									
18°	Itajaí	0,127									
19°	Angra dos Reis	0,000									
20°	Niterói	0,000									
21°	Rio de Janeiro	0,000									

Apêndice XI ::

Questionário

ANÁLISE DE RISCO CLIMÁTICO NOS PORTOS COSTEIROS DO BRASIL

Informações Gerais

Introdução

Uma análise de risco climático procura compreender os riscos atuais e futuros e os potenciais impactos desses sobre as operações, infraestruturas, pessoas ou setores da economia, bem como das capacidades existentes para enfrentar problemas climáticos no presente e futuro. A avaliação desses aspectos é fundamental para a priorização de ações e investimentos em adaptação e resiliência climática. Assim, a análise de risco climático é resultado da interação entre três importantes elementos: ameaça, exposição e vulnerabilidade (IPCC, 2012).

Fazendo um paralelo com a gestão de risco, a ameaça é considerada como a probabilidade de o evento climático ocorrer e o impacto é resultado da interação entre a exposição, que diz respeito a localização, e a vulnerabilidade que considera as características do sistema exposto em função da sensibilidade e capacidade de adaptação).

O presente formulário visa levantar informações do setor portuário para identificar as principais ameaças climáticas para o setor, e levantar os níveis de exposição e vulnerabilidade dos portos brasileiros. Este levantamento é parte da cooperação entre ANTAQ e GIZ que visa apoiar o setor portuário brasileiro a se tornar resiliente frente a mudança do clima.

Equipe Waycarbon



Fonte: Elaboração própria baseado no AR5 do IPCC (2014)

* 1. Nome completo

* 2. E-mail para contato

* 3. Qual autoridade portuária que representa?

* 4. Nome da instalação portuária que representa?

ANÁLISE DE RISCO CLIMÁTICO NOS PORTOS COSTEIROS DO BRASIL

EXPOSIÇÃO

As perguntas abaixo auxiliarão na identificação da localização do porto. A partir disso, será possível compreender a exposição do porto frente as ameaças climáticas (eventos extremos).

O esquema abaixo traz alguns conceitos, extraídos de IPCC (2014) e IPCC (2012), para auxiliar o preenchimento do formulário.



* 5. Indique a quantidade das estruturas, listadas abaixo, que o porto que você representa possui:

Obs: Nos casos em que não se aplique coloque 0.

Molhe/quebra mar	<input type="text"/>
Berço	<input type="text"/>
Equipamento de movimentação de carga	<input type="text"/>
Pátio de armazenamento	<input type="text"/>
Outro 1 (especifique a estrutura e a quantidade):	<input type="text"/>
Outra 2 (especifique a estrutura e a quantidade):	<input type="text"/>
Outra 3 (especifique a estrutura e a quantidade):	<input type="text"/>

* 6. Indique a quantidade aproximada de colaboradores do porto que você representa nas áreas abaixo:

Obs: Nos casos em que não se aplica coloque 0.

Gestão portuária:

Operação:

Manutenção:

Outro 1 (especifique a área e quantidade):

Outro 2 (especifique a área e quantidade):

Outro 3 (especifique a área e quantidade):

* 7. Indique as rotas de acesso ao porto. (Marque todas as opções aplicáveis).

Rodoviário

Ferroviário

Aquaviário

Dutoviário

ANÁLISE DE RISCO CLIMÁTICO NOS PORTOS COSTEIROS DO BRASIL

AMEAÇA

Com essa etapa pretende-se, a partir da percepção do setor portuário, extrair quais as ameaças climáticas (eventos extremos) são mais relevantes para o setor.

O esquema abaixo traz alguns conceitos, extraídos de IPCC (2014) e IPCC (2012), para auxiliar o preenchimento do formulário.



* 8. Para cada ameaça, indique a frequência com que cada estrutura do porto foi impactada negativamente (quando houve alguma interrupção na operação, ou dano a infraestrutura):

Obs: Considerar a tabela abaixo para preenchimento da questão 8.

Escala	Descrição
0	nunca foi afetado
1	1 vez em 20 anos
2	1 vez em 10anos
3	de 2 a 5 vezes em 10 anos
4	de 6 a 9 vezes em 10 anos
5	pelo menos 1 vez por ano

	Pátio de armazenamento	Berço	Equipamentos de movimentação de cargas	Canal de acesso	Molhe/Quebra-mar	Cadeia de Logística
Aumento do nível do mar	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Tempestades/Chuva torrencial	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Vendavais	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Ressacas	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Inundações costeiras	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Inundações fluviais	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Ondas de calor	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Neblina	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Erosão costeira	▼	▼	▼	▼	▼	▼

* 9. Historicamente, quais foram os eventos climáticos extremos que geraram mais impactos para o porto que você representa? Indique 3:

	Nome do Evento
Evento Climático 1	▼
Evento Climático 2	▼
Evento Climático 3	▼

- * 10. A partir da **questão 9** indique a data da ocorrência do eventos climáticos extremos que geraram os maiores impactos para o porto que você representa. Obs: Coloque a data da ocorrência do evento, na ordem da questão anterior. Por exemplo se o evento climático 1 for tempestades, coloque na data do evento 1 a data da ocorrência da tempestade.

Data da ocorrência do
evento Climático 1

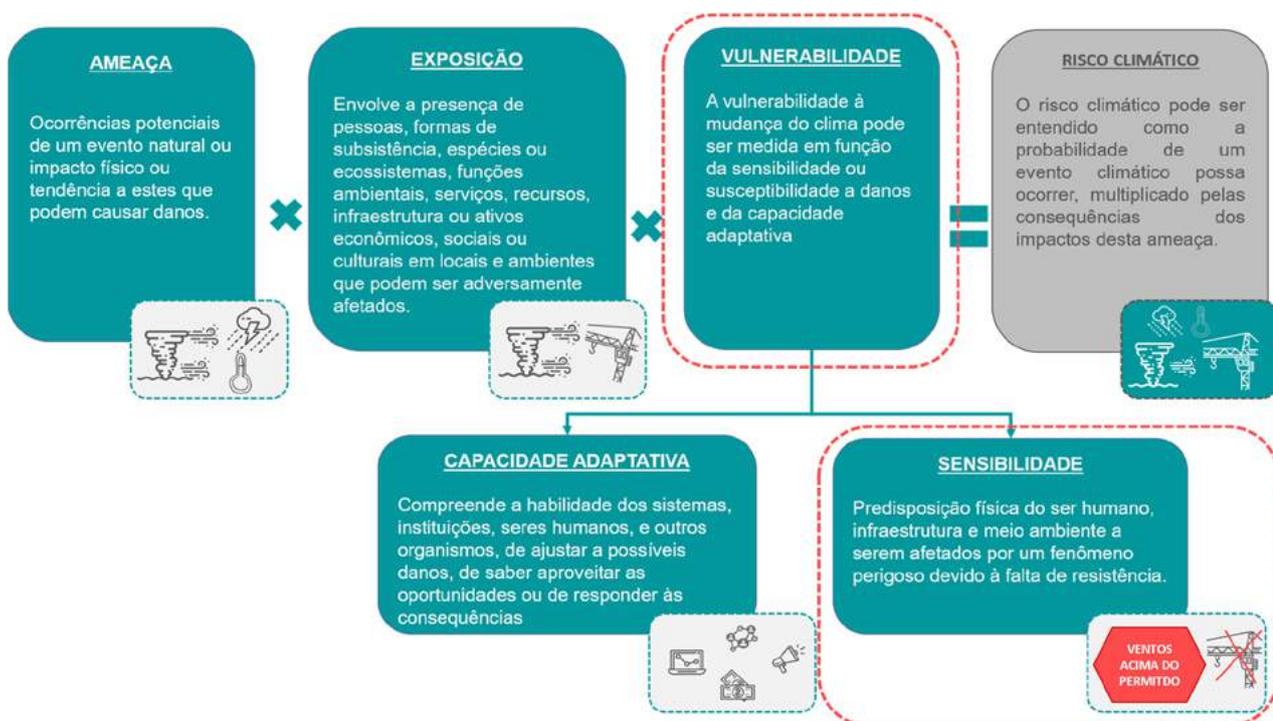
Data da ocorrência do
evento Climático 2

Data da ocorrência do
evento Climático 3

ANÁLISE DE RISCO CLIMÁTICO NOS PORTOS COSTEIROS DO BRASIL VULNERABILIDADE

Para determinar a vulnerabilidade frente às alterações climáticas é necessário compreender quão sensíveis são as instalações aos danos ou perturbações resultantes de diferentes riscos climáticos. Nesse contexto, com essa etapa pretende-se extrair informações sobre a **sensibilidade** do setor portuário frente as ameaças climáticas (eventos extremos). Nessa etapa é importante identificar os limiares, por exemplo: acima de X°C as gruas não funcionam ou o porto se fecha quando as velocidades do vento excedem X m/s.

O esquema abaixo traz alguns conceitos, extraídos de IPCC (2014) e IPCC (2012), para auxiliar o preenchimento do formulário.



* 11. Para cada ameaça, indique o grau com que cada **estrutura** do porto já foi afetada negativamente:

Escala	Descrição
0	Nunca foi afetado
1	Leve - Reparo/ manutenção por pessoal do porto (sem afetar as atividades)
2	Moderado - Reparo/ manutenção por pessoal do porto (até 24h para reparo).
3	Grave - Reparo/ manutenção por pessoal externo (por até 10 dias).
4	Severo - Reforma que afeta alguma atividade do porto por mais de 10 dias
5	Catastrófico - Perda total da estrutura

*Questão obrigatória

	Molhe/ Quebra-mar	Berço	Pátio de armazenamento	Equipamentos de movimentação de cargas	Canal de acesso
Aumento do nível do mar	▼	▼	▼	▼	▼
Tempestades	▼	▼	▼	▼	▼
Vendavais	▼	▼	▼	▼	▼
Ressacas	▼	▼	▼	▼	▼
Inundações costeiras	▼	▼	▼	▼	▼
Inundações fluviais	▼	▼	▼	▼	▼
Ondas de calor	▼	▼	▼	▼	▼
Neblina	▼	▼	▼	▼	▼
Erosão costeira	▼	▼	▼	▼	▼

A partir da questão 11, aponte quais são os limiares críticos, em relação as variáveis climáticas listadas abaixo, para que a manutenção da integridade e funcionalidade das **estruturas** do porto que você representa. Nos casos em que se aplica, colocar a magnitude e a duração dos limiares críticos. Nos casos em que não se aplica, coloque N/A.

Ex: Acima de X°C por X dias as gruas não funcionam ou o porto se fecha quando as velocidades do vento excedem X m/s.

* 12. Indique os limiares críticos para o molhe/quebra-mar:

Aumento Médio do Nível do Mar (em metros)	
Nível da água em tempestades (em metros)	
Velocidade do Vento (Km/h)	
Temperatura Máxima (°C)	
Temperatura Mínima (°C)	
Precipitação (mm/dia)	

* 13. Indique os limiares críticos para o berço:

Aumento Médio do Nível do Mar (em metros)	<input type="text"/>
Nível da água em tempestades (em metros)	<input type="text"/>
Velocidade do Vento (Km/h)	<input type="text"/>
Temperatura Máxima (°C)	<input type="text"/>
Temperatura Mínima (°C)	<input type="text"/>
Precipitação (mm/dia)	<input type="text"/>

*14. Indique os limiares críticos para o pátio de armazenamento:

Aumento Médio do Nível do Mar (em metros)	<input type="text"/>
Nível da água em tempestades (em metros)	<input type="text"/>
Velocidade do Vento (Km/h)	<input type="text"/>
Temperatura Máxima (°C)	<input type="text"/>
Temperatura Mínima (°C)	<input type="text"/>
Precipitação (mm/dia)	<input type="text"/>

*15. Indique os limiares críticos para os equipamentos de movimentação de cargas:

Aumento Médio do Nível do Mar (em metros)	<input type="text"/>
Nível da água em tempestades (em metros)	<input type="text"/>
Velocidade do Vento (Km/h)	<input type="text"/>
Temperatura Máxima (°C)	<input type="text"/>
Temperatura Mínima (°C)	<input type="text"/>
Precipitação (mm/dia)	<input type="text"/>

*16. Indique os limiares críticos para o canal de acesso:

Aumento Médio do Nível do Mar (em metros)	<input type="text"/>
Nível da água em tempestades (em metros)	<input type="text"/>
Velocidade do Vento (Km/h)	<input type="text"/>
Temperatura Máxima (°C)	<input type="text"/>
Temperatura Mínima (°C)	<input type="text"/>
Precipitação (mm/dia)	<input type="text"/>

*17. Para cada ameaça, indique o grau com que a **operação** já foi afetada negativamente:

Obs: Considerar a tabela abaixo para preenchimento da questão 17.

Escala	Descrição
0	Nunca foi afetado
1	Leve - Monitoramento das condições. Sem intervenção
2	Moderado - Interrupção parcial / pontual de uma atividade. (pode afetar até 20% da operação)
3	Grave - Interrupção de 2 ou mais atividades. (pode afetar de 21 a 99% da operação)
4	Severo - Parada total das atividades por curto período. (paralisação por até 10 dias)
5	Catastrófico - Parada total das atividades por mais de 10 dias

	Entrada/Saída de navios	Operação no berço	Operação de pátio	Operação de armazéns	Canal de acesso
Aumento do nível do mar	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tempestades	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Vendavais	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ressacas	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Inundações costeiras	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Inundações fluviais	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Neblina	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ondas de calor	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Erosão costeira	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

*Questão obrigatória

Utilize o texto a seguir para as questões 18, 19, 20 e 21.

A partir da questão 16, aponte quais são os limiares críticos, em relação as variáveis climáticas listadas abaixo, para que a manutenção da integridade e funcionalidade da **operação** do porto que você representa. Nos casos em que se aplica, colocar a magnitude e a duração dos limiares críticos. Nos casos em que não se aplica, coloque N/A.

Ex: Nos casos de temperatura acima de X°C durante X dias a operação é paralisada.

* 18. Para operação de entrada e saída de navios

Aumento Médio do Nível do Mar (em metros)	<input type="text"/>
Nível da água em tempestades (em metros)	<input type="text"/>
Velocidade do Vento (Km/h)	<input type="text"/>
Temperatura Máxima (°C)	<input type="text"/>
Temperatura Mínima (°C)	<input type="text"/>
Precipitação (mm/dia)	<input type="text"/>

* 19. Indique os limiares críticos para a operação no berço:

Aumento Médio do Nível do Mar (em metros)	<input type="text"/>
Nível da água em tempestades (em metros)	<input type="text"/>
Velocidade do Vento (Km/h)	<input type="text"/>
Temperatura Máxima (°C)	<input type="text"/>
Temperatura Mínima (°C)	<input type="text"/>
Precipitação (mm/dia)	<input type="text"/>

*Questão obrigatória

*20. Indique os limiares críticos para operação de pátio:

Aumento Médio do Nível do Mar (em metros)	<input type="text"/>
Nível da água em tempestades (em metros)	<input type="text"/>
Velocidade do Vento (Km/h)	<input type="text"/>
Temperatura Máxima (°C)	<input type="text"/>
Temperatura Mínima (°C)	<input type="text"/>
Precipitação (mm/dia)	<input type="text"/>

*21. Indique os limiares críticos para a operação de armazéns:

Aumento Médio do Nível do Mar (em metros)	<input type="text"/>
Nível da água em tempestades (em metros)	<input type="text"/>
Velocidade do Vento (Km/h)	<input type="text"/>
Temperatura Máxima (°C)	<input type="text"/>
Temperatura Mínima (°C)	<input type="text"/>
Precipitação (mm/dia)	<input type="text"/>

* 22. Para cada ameaça, indique o grau com que a cadeia logística do entorno já foi afetada negativamente:

Obs: Considerar a tabela abaixo para preenchimento da questão 22.

Escala	Descrição
0	Nunca foi afetado
1	Leve - Monitoramento das condições. Sem intervenção
2	Moderado - Interrupção parcial / pontual de acesso
3	Grave- Interrupção do acesso porém com alternativa, atrasando a cadeia logística
4	Severo - Interrupção do acesso por até 24 horas
5	Catastrófico - Interrupção do acesso a mais de 24 horas

*Questão obrigatória

	Rodoviário	Ferroviário	Aquaviário	Dutoviário
Aumento do nível do mar	▼	▼	▼	▼
Tempestades	▼	▼	▼	▼
Vendavais/	▼	▼	▼	▼
Ressacas	▼	▼	▼	▼
Inundações costeiras	▼	▼	▼	▼
Ondas de calor	▼	▼	▼	▼
Neblina	▼	▼	▼	▼
Erosão Costeira	▼	▼	▼	▼

Utilize o texto a seguir para as questões 23, 24, 25 e 26

A partir da questão 16, aponte quais são os limiares críticos, em relação as variáveis climáticas listadas abaixo, para que a manutenção da integridade e funcionalidade **do(s) acesso(s)** do porto que você representa. Nos casos em que se aplica, colocar a magnitude e a duração dos limiares críticos. Nos casos em que não se aplica, coloque N/A.

Ex: Precipitação acima de X mm/dia durante X horas faz com que acesso rodoviário seja interditado.

* 23. Indique os limiares críticos para o acesso rodoviário:

Aumento Médio do Nível do Mar (em metros)	<input type="text"/>
Nível da água em tempestades (em metros)	<input type="text"/>
Velocidade do Vento (Km/h)	<input type="text"/>
Temperatura Máxima (°C)	<input type="text"/>
Temperatura Mínima (°C)	<input type="text"/>
Precipitação (mm/dia)	<input type="text"/>

*** 24. Indique os limiares críticos para o acesso ferroviário:**

Aumento Médio do Nível do Mar (em metros)	
Nível da água em tempestades (em metros)	
Velocidade do Vento (Km/h)	
Temperatura Máxima (°C)	
Temperatura Mínima (°C)	
Precipitação (mm/dia)	

***25. Indique os limiares críticos para o acesso aquaviário:**

Aumento Médio do Nível do Mar (em metros)	
Nível da água em tempestades (em metros)	
Velocidade do Vento (Km/h)	
Temperatura Máxima (°C)	
Temperatura Mínima (°C)	
Precipitação (mm/dia)	

***26. Indique os limiares críticos para o acesso dutoviário:**

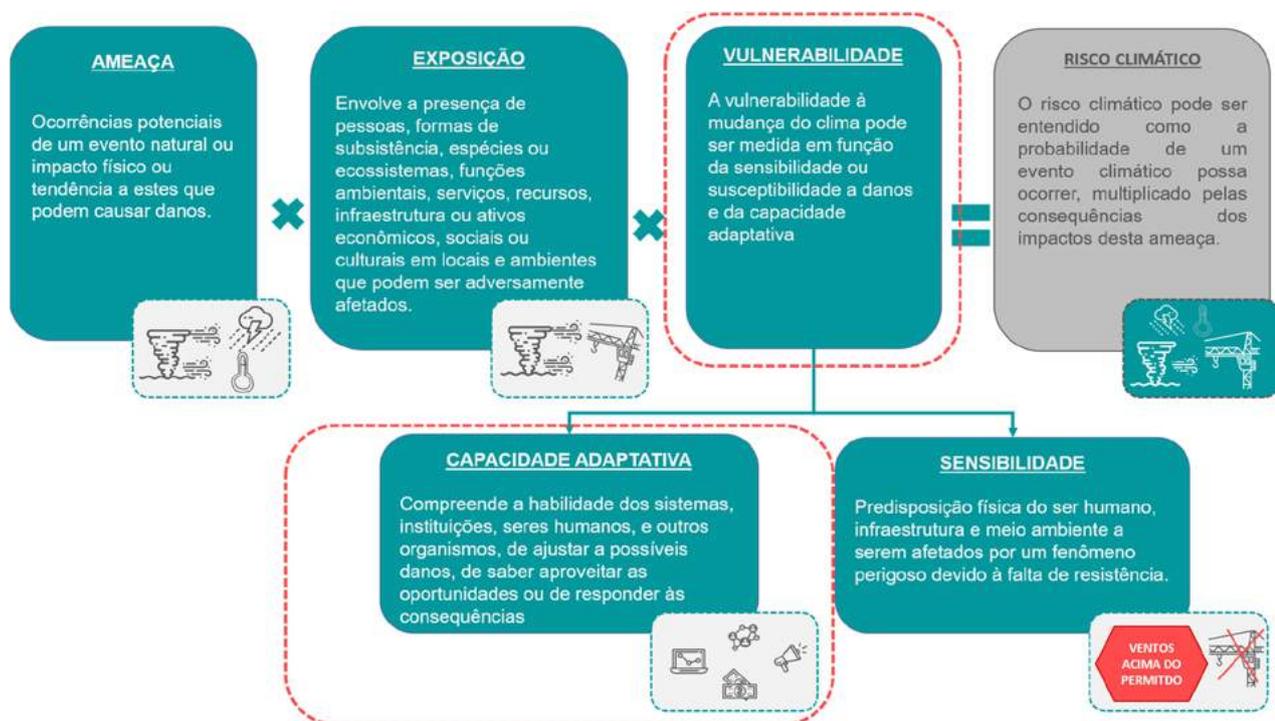
Aumento Médio do Nível do Mar (em metros)	
Nível da água em tempestades (em metros)	
Velocidade do Vento (Km/h)	
Temperatura Máxima (°C)	
Temperatura Mínima (°C)	
Precipitação (mm/dia)	

***Questão obrigatória**

ANÁLISE DE RISCO CLIMÁTICO NOS PORTOS COSTEIROS DO BRASIL VULNERABILIDADE

Com essa etapa pretende-se extrair informações sobre a **capacidade adaptativa** do setor portuário frente as ameaças climáticas (eventos extremos), isto é, informações sobre a resiliência do setor frente à mudança do clima.

O esquema abaixo traz alguns conceitos, extraídos de IPCC (2014) e IPCC (2012), para auxiliar o preenchimento do formulário.



* 27. Qual é o horizonte temporal de planejamento para o seguinte: Obs: Considerar a tabela abaixo para preenchimento da questão 27.

Escala	Descrição
0	não tem
1	1 a 5 anos
2	de 6 a 10 anos
3	de 11 a 20anos
4	de 21 a 30 anos
5	mais de 30 anos

Horizonte Temporal	
Aumento de Capital (<i>Capital Improvements</i>)	▼
Expansão	▼
Manutenção	▼
Outro (especifique o tipo de planejamento e o "horizonte temporal")	
<input type="text"/>	

* 28. Indique a vida residual da estrutura ou ativo específico, isto é, o número de anos restantes após a vida econômica ou técnica originalmente pretendida ter sido alcançada e antes que a falha funcional ocorra.

Obs: Caso exista mais de uma estrutura (p.ex., dois berços construídos em épocas diferentes), considere a de menor vida útil. Caso a vida útil tenha acabado coloque 0.

Molhe/Quebra-mar	<input type="text"/>
Pátio de armazenamento	<input type="text"/>
Berço	<input type="text"/>
Equipamentos de movimentação de carga	<input type="text"/>
Outro 1 (especifique estrutura e a vida residual)	<input type="text"/>
Outro 2 especifique estrutura e a vida residual)	<input type="text"/>
Outro 3 (especifique estrutura e a vida residual)	<input type="text"/>

* 29. Indique a condição atual, integridade estrutural ou saúde, das estruturas do porto.

Obs1: Caso exista mais de uma estrutura (p.ex., dois berços construídos em épocas diferentes), considere a estrutura em pior condição

Obs2: Considerar a tabela abaixo para preenchimento da questão 29.

Escala	Descrição
1	Estrutura antiga necessitando reforma
2	Estrutura antiga reformada há mais de 10 anos
3	Estrutura antiga reformada há menos de 10 anos
4	Estrutura construída nos últimos 10 anos
5	Estrutura construída nos últimos 5 anos

Condição atual

Molhe/Quebra-mar	<input type="text"/>
Pátio de armazenamento	<input type="text"/>
Berço	<input type="text"/>
Equipamentos de movimentação de carga	<input type="text"/>
Outro (especifique a estrutura e sua condição atual)	<input type="text"/>

* 30. O porto adotou ou adotará **medidas de gestão** em resposta aos impactos causados por ameaças climáticas? Aponte o status de cada medida.

Obs: Considerar a tabela abaixo para preenchimento das questões 30.

Escala	Descrição
0	sem necessidade
1	necessária, mas sematividades
2	processo em andamento, mas com dificuldades
3	planejada e orçamento aprovado
4	em execução/implementação
5	realizada

	Aumento do nível do mar	Tempestades	Vendavais	Inundações costeiras	Inundações fluviais	Ondas de Calor	Neblina	Erosão Costeira
Registro de impactos relacionado a ameaças climáticas (datas, consequências ou custos)	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
planos de ação emergencial/ protocolo de evacuação	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Comitê de crise	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Monitoramento meteorológico contínuo próprio/Cooperação com outras instituições.	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Medidas baseadas na natureza (recuperação de mangues e matas ciliares)	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Barreiras móveis (geobags)	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Acessos alternativos	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼

* 31. O porto adotou ou adotará **medidas estruturais** em resposta aos impactos causados por ameaças climáticas? Aponte o status de cada medida.

Obs: Considerar a tabela abaixo para preenchimento das questões 30.

Escala	Descrição
0	sem necessidade
1	necessária, mas sem atividades
2	processo em andamento, mas com dificuldades
3	planejada e orçamento aprovado
4	em execução/implementação
5	realizada

	Aumento do nível do mar	Tempestades	Vendavais	Inundações costeiras	Inundações fluviais	Ondas de Calor	Neblina	Erosão Costeira
Barreira física a ondas	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Dique de Proteção	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Bombas de Drenagem	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Sistema de drenagem	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Sinalização	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Reforço de estruturas / Retrofit	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Sistema de bloqueio	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Paredão	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼

*32. Assinale as opções adotadas pelo porto:

- Realiza reuniões regulares com a equipe para discutir adaptação
- Realiza reuniões regulares com a equipe para discutir adaptação
- Aborda mudanças climáticas no plano estratégico do porto
- Possui planejamento específico para mudanças climáticas
- Inclui adaptação a mudança do clima no orçamento
- Atualiza diretrizes de projetos de engenharia para atender os novos padrões climáticos
- Possui seguro específico contra mudanças climáticas
- Outro (especifique)

*33. Existem barreiras à implementação de ações de diminuição dos impactos causados pela mudança do clima? Se sim, qual? (Por exemplo, viabilidade econômica, cultura, conflito de interesses, outros problemas prioritários). Nos casos em que não se aplica, coloque N/A.

*34. Nos últimos 10 anos, os usuários de seu porto (por exemplo, arrendatários, operadores portuários, e donos de carga) já demandaram medidas específicas de proteção às ameaças climáticas?

- Sim
- Não

ANÁLISE DE RISCO CLIMÁTICO NOS PORTOS COSTEIROS DO BRASIL

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Essa etapa visa levantar informações disponíveis e que poderão auxiliar na análise de risco climático para o setor portuário.

*35. O seu porto realiza o monitoramento de informações climáticas? Se sim, qual a frequência, qual é a fonte de dados e como esses dados são utilizados na gestão do risco. Nos casos em que não se aplica, coloque N/A.

Ex: Frequência: Monitoramento diário/**Fonte de dados:** INPE ou estação de monitoramento própria/**Organização do banco de dados.**

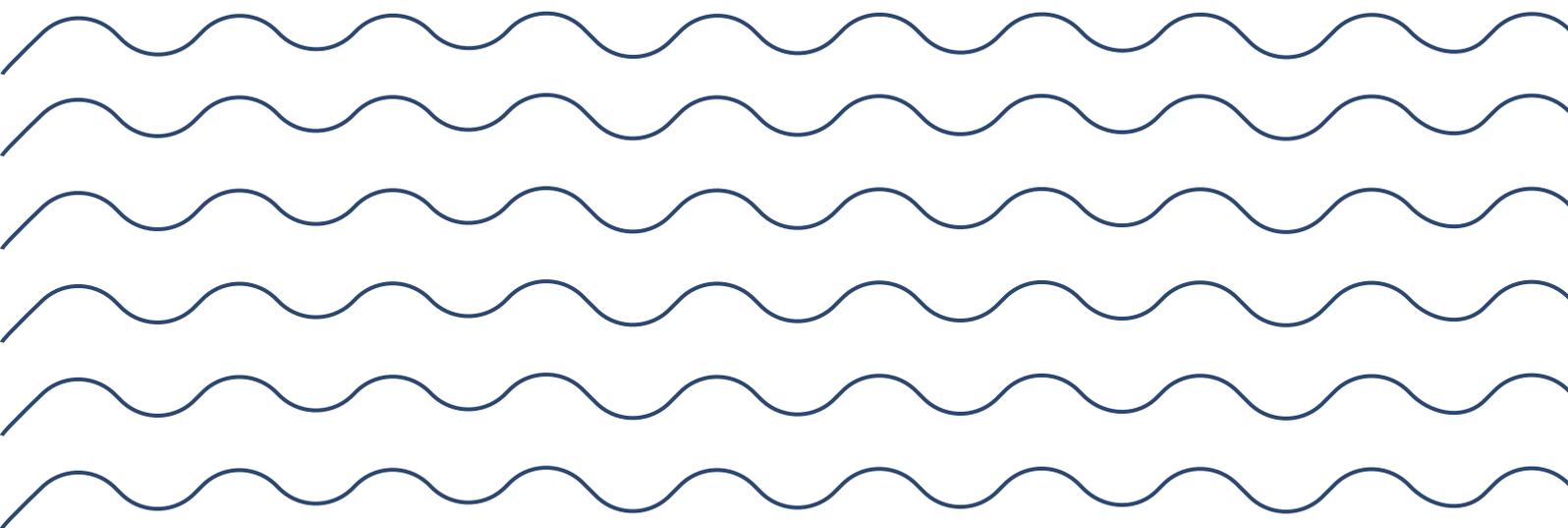
Nível do Mar	<input type="text"/>
Ondas (altura, período e direção da onda)	<input type="text"/>
Ventos (Velocidade e direção, número de dias com ventos fortes)	<input type="text"/>
Precipitação (precipitação média e extremos de precipitação)	<input type="text"/>
Temperatura (temperatura média e extremos de temperatura)	<input type="text"/>
Altura da onda	<input type="text"/>
Visibilidade	<input type="text"/>
Velocidade de corrente	<input type="text"/>

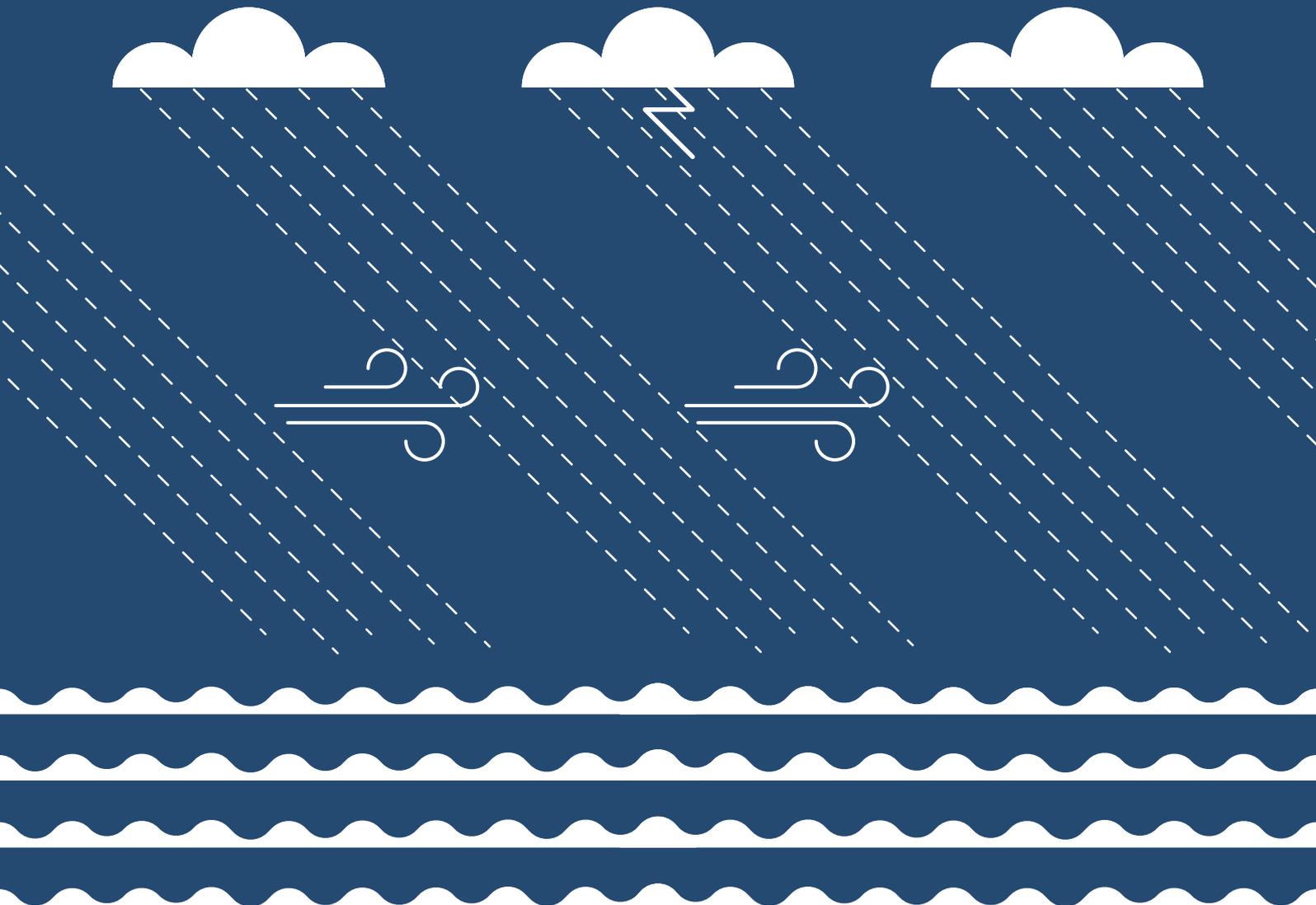
*36. O seu porto sofreu alterações no nível de prêmios de seguros devido às ameaças climáticas nos últimos 10 anos (Aumento do nível do mar, ressacas, tempestades severas, aumento da intensidade dos ventos, inundações, aumento da temperatura)?

*37. Seu porto possui proteção natural ou área abrigada? (Marque todas as opções aplicáveis).

	Resposta
Proteção natural	<input type="checkbox"/>
Área abrigada	<input type="checkbox"/>

38. Existem comentários, dúvidas e/ou sugestões que você gostaria de enviar?





Por ordem do



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

da República Federal da Alemanha

Por meio da



Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



PROADAPTA | CSI
Adaptação à Mudança do Clima



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DA
INFRAESTRUTURA

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA

