

IMPACTOS Y RIESGOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS **PUERTOS PÚBLICOS COSTEROS BRASILEÑOS**

Resumen Ejecutivo



República Federativa de Brasil

Jair Bolsonaro
Presidente de la República

Tarcísio Gomes de Freitas
Ministro de Infraestrutura

Agencia Nacional de Transportes Acuáticos – ANTAQ Brasil

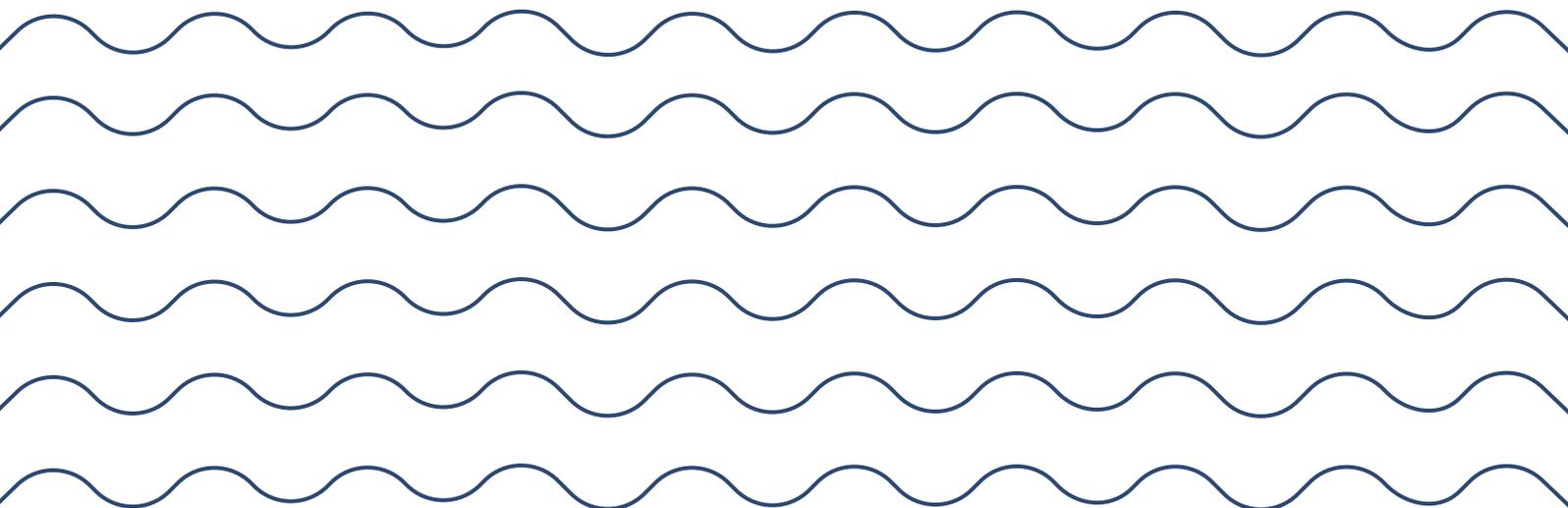
Eduardo Nery
Director General

Adalberto Tokarski
Director

Flávia Morais Lopes Takafashi
Directora

IMPACTOS Y RIESGOS
DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN
LOS **PUERTOS PÚBLICOS**
COSTEROS BRASILEÑOS

Resumen Ejecutivo



EXPEDIENTE

REPÚBLICA FEDERATIVA DE BRASIL

Jair Messias Bolsonaro
Presidente de la República

Tarcísio Gomes de Freitas
Ministro de Infraestructura

Agência Nacional de Transportes Acuáticos – ANTAQ Brasil

Eduardo Nery Machado Filho
Director General

Adalberto Tokarski
Director

Flávia Takafashi
Directora

ELABORACIÓN

WayCarbon

EQUIPO TÉCNICO – WayCarbon

Melina Amoni
Sergio Margulis
Marina Lazzarini
Natalie Unterstell
Dawber Batista
Marcus Vinicius Ferreira da Silva

EQUIPO TÉCNICO – ANTAQ

Superintendencia de Desempeño, Desarrollo y Sostenibilidad – SDS
José Renato Ribas Fialho

Gestión de Desarrollo y Estudios – GDE
José Gonçalves Moreira Neto – Gerente
Ana Paula Harumi Higa
Juliana Marzullo Pedreira

Gestión del Medio Ambiente y la Sostenibilidad – GMS
Auxiliadora do Rego Borges
Anderson Paz da Silva
Alessandro Max Barros Bearzi

EQUIPO TÉCNICO – GIZ

Ana Carolina Câmara (coordinación)
Eduarda Silva Rodrigues de Freitas
Pablo Borges de Amorim

División de Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad (INPE)
Lincoln Muniz Alves

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN
Estúdio Marujo

CONTACTOS

AGENCIA NACIONAL DE TRANSPORTES ACUÁTICOS – ANTAQ BRASIL
SEPN Quadra 514, Conjunto “E”, Edifício ANTAQ, SDS, 3er piso, Brasília – DF
CEP 70760-545
T + 55 61 2029-6764

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Oficina de GIZ: Bonn e Eschborn
Agencia GIZ 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:
Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (UMC) de Alemania

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

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

Brasília, noviembre de 2021.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1 :: Presentación | 04 |
| 2 :: Introducción | 05 |
| 3 :: Metodología | 07 |
| 3.1 :: Índice de riesgo climático de los puertos analizados | 09 |
| 4 :: Principales Resultados del Estudio | 10 |
| 4.1 :: Índice de riesgo climático de los puertos analizados | 15 |
| 5 :: Medidas de Adaptación | 21 |
| 6 :: Conclusiones y Recomendaciones | 25 |
| 7 :: Referencias Bibliográficas | 26 |

Elaborado por: WayCarbon

Esta publicación deriva de un estudio realizado por un equipo de consultores independientes bajo la coordinación de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), a través de los proyectos Apoyo a Brasil en la Implementación de la Agenda Nacional de Adaptación al Cambio Climático - PROADAPTA y Expansión de Servicios Climáticos para Inversiones en Infraestructura - CSI, con la participación de la Agencia Nacional de Transportes Acuáticos (ANTAQ Brasil) y el Instituto Nacional de Investigación Espacial (INPE).

Los proyectos ProAdapta y CSI fueron acordados en el marco de la Cooperación Alemana para el Desarrollo Sostenible, a través de la asociación entre el Ministerio de Medio Ambiente de Brasil (MMA) y GIZ, en el marco de la Iniciativa Climática Internacional (IKI) del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU, acrónimo alemán).

Todas las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores, no reflejando necesariamente la posición de GIZ, ANTAQ e INPE. Este documento no ha sido sometido a revisión editorial.

1 :: Presentación

Considerando que los gobiernos de Brasil y Alemania cooperan técnicamente para alcanzar los compromisos asumidos en los acuerdos internacionales sobre el clima, el Ministerio Alemán del Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU, por sus siglas en alemán) apoya al gobierno brasileño en acciones para aumentar la resiliencia del país, por medio de proyectos destinados a la adaptación al cambio climático.

Entre esos proyectos está el “Apoyo a Brasil para la Implantación de la Agenda Nacional de Adaptación al Cambio Climático – ProAdapta”, cuyo objetivo es favorecer el aumento de la resiliencia climática de Brasil, por medio de la implementación efectiva de la Agenda Nacional de Adaptación.

Implementado por la Agencia de Cooperación Técnica Alemana Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, el ProAdapta brinda apoyo a procesos de coordinación y cooperación entre las tres esferas del gobierno, sectores económicos y la sociedad civil.

La Agencia Nacional de Transportes Acuáticos (ANTAQ, por sus siglas en portugués) ha percibido la necesidad de incorporar en su espectro de actuación la dimensión del cambio climático y de los efectos adversos provenientes de la existencia cada vez más recurrente de eventos climáticos extremos en la prestación, por parte de las terminales portuarias nacionales, para asegurar, entre otros aspectos, la eficiencia y regularidad de las operaciones.

Por tal razón, en enero de 2020, se firmó un Acuerdo de Cooperación entre ANTAQ y GIZ para la elaboración del estudio titulado “*Impactos e Riscos da Mudança do Clima nos Portos Públicos Costeiros Brasileiros*” (“Impactos y riesgos del cambio climático en los puertos públicos costeros brasileños”). Los productos que se elaborarán en el ámbito de la referida alianza tienen potencial para subsidiar la realización de políticas públicas nacionales sobre el tema, dirigiendo acciones e inversiones.

El Acuerdo prevé la realización de un macroproyecto con tres ejes bien definidos: i) eje 1: elaboración de estudio que contiene el levantamiento de las principales amenazas climáticas, riesgos e impactos del cambio climático sobre los principales puertos costeros de Brasil. El objetivo final de esta etapa es la elaboración de una clasificación de los puertos analizados con mayor riesgo climático en la actualidad y para los años de 2030 y 2050; ii) eje 2: elaboración de estudios personalizados para los tres puertos seleccionados a partir de la clasificación climática mostrada en el eje 1, con el objetivo de detallar los impactos de las amenazas climáticas en la infraestructura y superestructura de los puertos en análisis; y iii) eje 3: elaboración de informe con recomendaciones generales de medidas de adaptación al cambio climático para el sector portuario y divulgación de los resultados del proyecto.

De tal forma, el estudio presentado aquí, que forma parte del eje 1 del Acuerdo de Cooperación mencionado, presenta un levantamiento del riesgo climático para 21 puertos públicos de Brasil y las posibles medidas de adaptación a implementar para aumentar la resiliencia ante los impactos de los cambios climáticos.

Este estudio fue realizado por la empresa WayCarbon y contó con la colaboración del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), que desempeñó un papel fundamental en el apoyo técnico para definición del abordaje metodológico aplicado en el análisis del riesgo climático.

Para el alcance de los resultados deseados, además de una amplia revisión bibliográfica y de reuniones técnicas entre los actores del proyecto, se realizaron una serie de consultas con los representantes de los puertos analizados, con el objetivo de la identificación de los riesgos asociados al cambio climático que ya están afectando, y puedan continuar haciéndolo, de forma directa e indirecta la infraestructura y eficiencia portuaria.

Desafortunadamente, los conocimientos sobre los impactos de los cambios climáticos en las zonas

costeras brasileñas, en especial sobre sus puertos, son puntuales y dispersos. La falta de datos sobre el impacto de los eventos climáticos representa la mayor dificultad para la comprensión del nivel de vulnerabilidad de los puertos, relacionado a la sensibilidad y a la capacidad adaptativa en relación con los extremos climáticos.

Por lo tanto, considerando la gran relevancia y amplitud del estudio presentado, se espera que constituya el punto de partida para la mejora regulatoria del sector portuario, y también que pase a ser una referencia para la adopción de políticas públicas sobre este tema tan importante y actual para el país y el mundo.

2 :: Introducción

El enfrentamiento de las consecuencias provenientes del cambio climático es uno de los desafíos más complejos de este siglo, llevando en consideración el potencial de que ocurran, la magnitud de una serie de impactos y los enormes perjuicios que causa, no solo a la población y a la biodiversidad, sino también para los sectores económicos.

Entre los sectores que pueden sufrir directamente con los impactos causados por ese fenómeno está el sector portuario. Eso sucede debido a las particularidades de su infraestructura, localización, operación o acceso. Los puertos son un punto crítico de intersección del comercio global, por eso los impactos negativos podrán causar pérdidas y daños significativos, considerando que aproximadamente el 90% de todo el comercio mundial depende del transporte marítimo para mantenerse.

En Brasil hay 36 puertos públicos pertenecientes al Gobierno Federal, denominados Puertos Organizados y regidos por la Ley nº 12.815/2013. En esa categoría se encuentran los puertos con administración ejercida por el Gobierno Federal, por medio de empresas de economía mixta denominadas *Companhias Docas*, o delegada a municipios, estados o consorcios públicos. El área de estos puertos está delimitada por acto del Poder Ejecutivo Federal conforme el art. 15 de la Ley nº 12.815 del 5 de junio de 2013.

Esos puertos públicos tienen gran importancia en la logística de transporte, constituyendo un eslabón

logístico entre los modales de transporte de cargas, con gran relevancia en la salida de la producción para los mercados consumidores nacionales e internacionales, así como en la obtención de insumos para el desarrollo de sus actividades económicas. El sector portuario tiene un potencial creciente para ampliar sus operaciones, aumentando cada vez más su influencia en la economía mundial.

Según los datos del *Estatístico Aquaviário*¹, producido por la Agencia Nacional de Transportes Acuáticos (ANTAQ, 2019), transita por el sector portuario, en toneladas, casi el 95% de la corriente de comercio exterior del país², además de ser responsable, en promedio, por R\$ 293 mil millones anuales, casi el 14,2% del PIB brasileño.

El cambio climático puede causar impactos y pérdidas económicas significativos al sector, influyendo sobre la economía regional y las cadenas de abastecimiento global. Eso se debe a que las instalaciones portuarias, por estar localizadas en las zonas costeras, se ven afectadas directa e indirectamente por eventos extremos, tales como precipitaciones intensas, vendavales y resacas, además del aumento de la temperatura del aire y el aumento del nivel medio del mar.

Tales fenómenos contribuyen al aumento de eventos tales como inundaciones, erosiones costeras y pérdidas de los ecosistemas costeros (NOBRE; MARENGO, 2017). Todo ello hace que los puertos sean susceptibles a los riesgos climáticos, tanto en términos de

1. QlikView (antaq.gov.br).

2. Actualmente China, EE.UU., Argentina y algunos países pertenecientes a la Unión Europea son importantes aliados comerciales de Brasil.

paralización de las operaciones cotidianas, como en términos de daños y reparaciones en las infraestructuras (BECKER *et al.*, 2016; NG *et al.*, 2016).

Para el sector portuario, ese proceso es problemático porque puede causar la interrupción de la navegación en las regiones portuarias (por motivos de seguridad) e incluso la inundación de patios de terminales y áreas próximas, tales como zonas urbanas. Además, esos impactos, en conjunto, traen consigo un aumento de los costos de los complejos marítimos y afectan todavía más la durabilidad y la resistencia de las instalaciones y de las infraestructuras portuarias ante las condiciones climatológicas adversas.

En ese sentido, los puertos del mundo entero están en una búsqueda creciente por identificación y evaluación de los riesgos climáticos que ponen en evidencia la necesidad de elaboración de estrategias de adaptación, con el objetivo de reducir los perjuicios financieros y operativos provenientes de esos impactos.

En la última década, grandes complejos portuarios, como los de Rotterdam, en Países Bajos, y Nueva York-Nueva Jersey; Los Ángeles-Long-Beach; San Francisco y Houston, en Estados Unidos, han estudiado los impactos que el aumento del nivel del mar puede causar tanto en sus áreas portuarias como en las urbanas. En algunos casos, ya desarrollan planes de acción para protegerse de los impactos del fenómeno.

Por lo tanto, teniendo en cuenta la relevancia del sector portuario para la economía brasileña y la alta exposición del sector a los impactos del cambio climático, la adaptación pasa a ser fundamental y urgente para asegurar la regularidad de las operaciones portuarias y, en consecuencia, la resiliencia del sector. En lo que se refiere a la exposición de las infraestructuras portuarias a los riesgos climáticos, el Programa Brasil 2040 de la Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Presidencia de la República (SAE-PR) reveló que ellas ya están expuestas a impactos y reconocen el riesgo de los puertos brasileños.

La adaptación se define como un proceso de ajuste de los sistemas humanos y naturales al clima actual y al esperado en el futuro y sus efectos (IPCC, 2014). En el contexto del sector portuario, la adaptación envuelve

la implementación de acciones cuyo objetivo sea reducir la vulnerabilidad frente a las amenazas climáticas o la identificación de oportunidades de aumentar la resiliencia a los cambios climáticos. Esas acciones pueden incluir tecnología, cambios de ingeniería, concepción y mantenimiento, planificación, medidas de seguridad y alteración del sistema de gestión (SCOTT *et al.*, 2013).

Ante ese contexto, el estudio tuvo como objetivo general la identificación de los impactos y riesgos del cambio climático en los puertos públicos de la costa brasileña, además de enumerar una serie de recomendaciones generales sobre medidas de adaptación posibles para aumentar la resiliencia de los puertos en lo que se refiere a los efectos indeseables en la operación e infraestructura portuaria.

Para alcanzar ese objetivo, el estudio incluyó, entre otros aspectos: i) levantamiento de las metodologías utilizadas internacionalmente en análisis de riesgo climático en el sector portuario; ii) levantamiento de variables climáticas utilizadas en tomas de decisión; iii) Identificación de los horizontes temporales más adecuados a las tomas de decisión; iv) identificación de los principales impactos (daños y pérdidas) sufridos por el sector portuario costero brasileño debido a los eventos climáticos; v) análisis de la frecuencia (aumento / disminución) de los impactos; vi) identificación de las amenazas climáticas que afectan a los puertos de la costa brasileña; vii) análisis de la frecuencia (aumento/disminución) de las amenazas climáticas; viii) identificación del nivel de vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad adaptativa) y de exposición de los puertos a las amenazas climáticas; ix) identificación del nivel de riesgo climático (amenaza x vulnerabilidad x exposición) de los puertos; y x) recomendación de medidas de adaptación que el sector portuario puede implementar.

El análisis del riesgo climático, contenido en el estudio, se elaboró con base en la adhesión de 21 puertos costeros públicos, siendo ellos: Angra dos Reis (RJ), Aratu-Candeias (BA), Cabedelo (PB), Fortaleza (CE), Ilhéus (BA), Imbituba (SC), Itaguaí (RJ), Itajaí (SC), Itaqui (MA), Natal (RN), Niterói (RJ), Paranaguá (PR), Recife (PE), Rio Grande (RS), Río de Janeiro (RJ), Salvador (BA), Santos (SP), São Francisco do Sul (RS), São Sebastião (SP), Suape (PE) y Vitória (ES) - (Figura 1).

Figura 1: Localización de los puertos públicos de la costa brasileña seleccionados para análisis.



Elaboración: WayCarbon, GIZ, ANTAQ (2021).

3 :: Metodología

El análisis de riesgo climático para los puertos públicos costeros brasileños se desarrolló en seis grandes etapas que aseguraron una secuencia lógica para el cumplimiento de los objetivos del estudio.

La primera etapa, **(1) comprensión del contexto**, incluyó una revisión bibliográfica de las metodologías de análisis de riesgo nacionales e internacionales aplicables al sector portuario, que fueron comparadas con la metodología de análisis de riesgo climático propuesto por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014), con la finalidad de validar la factibilidad de la aplicación en el contexto de los puertos costeros brasileños.

A continuación, el **(2) levantamiento de los impactos** se realizó a partir de un cuestionario electrónico³ para los 21 puertos públicos brasileños analizados, con el objetivo de coleccionar informaciones específicas que sirvieran de base al análisis de riesgo.

La etapa de **(3) selección de las amenazas y definición de los escenarios y períodos de análisis** tuvo como base un levantamiento bibliográfico sobre las amenazas climáticas con mayor potencial de impacto en los puertos y en los resultados obtenidos por medio del cuestionario electrónico enviado, en la etapa (2), a los representantes de los puertos públicos en análisis. Además, en una nueva etapa

3. Para mayores detalles consultar el informe completo que contiene la metodología de estudio.

de consulta a los puertos abordados, se certificó la proximidad de los resultados obtenidos a la realidad vivida por las Autoridades Portuarias.

La etapa de **(4) definición de los indicadores de vulnerabilidad y exposición** se basó en datos disponibles en la bibliografía y en los resultados del cuestionario electrónico puesto a disposición. Se destaca que esa etapa contó con la participación de los especialistas portuarios indicados por los puertos, quienes opinaron sobre la definición de pesos aplicables a las variables del indicador de vulnerabilidad.

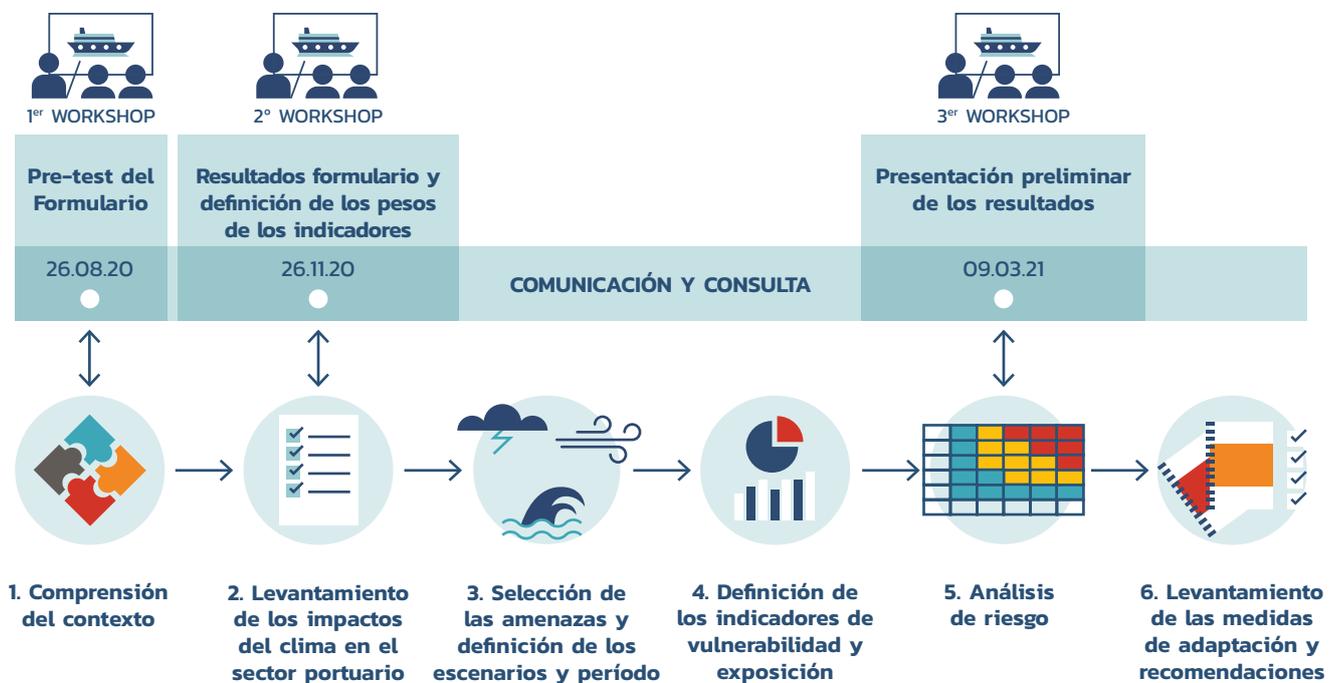
Después de la definición de los indicadores se realizó el **(5) análisis de riesgo climático**. Esa etapa consistió en la aplicación de la metodología de riesgo propuesta por el IPCC (2014), validada en la etapa (1), y que se presentará en la próxima sección. En esa etapa también se realizó una clasificación de los

puertos con mayor riesgo debido a la presencia de tormentas, vendaval o aumento del nivel del mar. A partir de tales clasificaciones se seleccionaron tres puertos, con índices de riesgo climático más críticos, para el desarrollo de los análisis personalizados previstos en el eje 2 del estudio.

Por fin, a partir de los resultados del análisis de riesgo climático, fue posible realizar el **(6) levantamiento de las medidas de adaptación y recomendaciones para el sector portuario**, con base en una revisión bibliográfica de casos en los contextos nacional e internacional y en el levantamiento documental de las acciones y medidas existentes en los puertos analizados, consideradas en la elaboración de los indicadores de capacidad adaptativa.

Las principales etapas recorridas en el transcurso del estudio se resumen en la Figura 2 a continuación.

Figura 2: Secuencia de las etapas aplicadas en el estudio



Elaboración: WayCarbon, GIZ, ANTAQ (2021).

3.1 :: Índice de Riesgo Climático de los Puertos Analizados

La base metodológica utilizada en la elaboración del análisis de riesgo climático para los puertos públicos de la costa brasileña tuvo como base el Quinto Informe de Evaluación (AR5) del Panel Intergubernamental

sobre Cambios Climáticos (IPCC, 2014), que señala que el riesgo climático es resultado de la interacción entre la **amenaza climática**, la **exposición** de sistemas naturales, humanos y económicos y sus características de **vulnerabilidad**, obtenida en función de la sensibilidad o susceptibilidad a daños y de la capacidad de adaptación (Figura 3).

Figura 3: Metodología del Análisis de Riesgo Climático



Matemáticamente, la ecuación utilizada para representar el índice de riesgo climático fue:

$$R = A \times E \times V$$

Siendo que:

A: Representa la amenaza climática considerada

E: Representa la exposición de determinado puerto a la amenaza considerada

V: Representa la vulnerabilidad del puerto a la amenaza considerada.

Después del cálculo del índice de riesgo, se realizó una estandarización de los resultados, conforme la ecuación 2:

$$\check{R} = \frac{\frac{x}{\sigma}}{\text{máx}\left(\frac{x}{\sigma}\right)} [2]$$

Ř: Índice de riesgo estandarizado;

X: Índice de riesgo para cada puerto en cada período y escenario analizado;

σ: Desviación estándar del conjunto de x.

Por lo tanto, el índice de riesgo climático puede presentarse en una escala de valores que varía de 0 a 1, que se clasifican conforme la Tabla 1.

Tabla 1: Escala de Índice de Riesgo Climático

| RANGO | CLASE |
|------------------------------|----------|
| $0 \leq \check{R} < 0,199$ | Muy Bajo |
| $0,2 \leq \check{R} < 0,399$ | Bajo |
| $0,4 \leq \check{R} < 0,599$ | Medio |
| $0,6 \leq \check{R} < 0,799$ | Alto |
| $0,8 \leq \check{R} \leq 1$ | Muy Alto |

Elaboración: WayCarbon, GIZ, ANTAQ (2021).

4 :: Principales Resultados del Estudio

A partir de la etapa (1) **comprensión del contexto** fue posible constatar que la metodología de análisis de riesgo climático propuesta por el Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos (IPCC, 2014), con algunas adaptaciones necesarias en función de la falta de disponibilidad de informaciones, podría aplicarse en el contexto de los puertos costeros brasileños. Para ello, se utilizaron las informaciones e indicaciones elaborados en las etapas (2), (3) y (4) del estudio.

En la etapa (2) **levantamiento de los impactos** se identificó a partir de las respuestas de las autoridades portuarias que, de las nueve⁴ amenazas climáticas analizadas, los vendavales y tormentas fueron las que más tuvieron registros de impactos en la cadena

logística, en las operaciones y estructuras portuarias, señalándose un aumento de la frecuencia de los impactos generados por esas amenazas. Otro resultado importante del cuestionario fue con relación al monitoreo de las informaciones climáticas. El resultado de la encuesta reveló lagunas importantes en el monitoreo de amenazas climáticas, además de la deficiencia de datos relativos al historial de impactos y sus respectivas causas en puertos de diferentes tamaños y en todas las regiones investigadas del país, con implicaciones para el presente estado de la gestión del riesgo climático y planificación de adaptación.

En la etapa (3) **selección de las amenazas y definición de los escenarios y períodos de análisis** se

4. Amenazas climáticas analizadas: resacas, inundaciones costeras y fluviales, erosión costera, neblina, olas de calor, vendavales, tormentas y aumento del nivel del mar.

definió el análisis de las amenazas de tormentas, de vendavales y aumento del nivel del mar para el período de 2030 a 2050, considerando los escenarios de emisiones de CO² en la atmósfera RCP4.5⁵ y RCP8.5⁶. Las amenazas de tormentas, vendavales y aumento del nivel medio del mar se seleccionaron llevando en consideración su potencial para causar interrupciones y complicaciones en la cadena logística de los puertos, generando una serie de impactos económicos. A pesar de que el aumento del nivel del mar no fue señalado en el cuestionario electrónico enviado como siendo una amenaza climática relevante para los puertos, la amenaza se consideró en el presente estudio llevando en consideración que la literatura presenta evidencias de que la tasa de aumento del nivel del mar tiene una tendencia al alza en los últimos años, con potencial para causar impactos significativos al sector portuario. Los períodos y escenarios seleccionados se definieron de acuerdo con la metodología presentada en la plataforma AdaptaBrasil⁷ del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovaciones (MCTI), en la cual se incorporarán los resultados de este proyecto, además de considerar los horizontes temporales inseridos en los instrumentos de planificación del sector portuario.

En la etapa **(4) definición de los indicadores de vulnerabilidad y exposición** fue posible identificar 13 indicadores de capacidad adaptativa a la tormenta y vendavales y 10 de capacidad adaptativa al aumento del nivel medio del mar, a partir de los resultados del cuestionario aplicado, todos referentes a la dimensión de vulnerabilidad. A su vez, los indicadores de sensibilidad y exposición se identificaron en la literatura, siendo 2 para la exposición a las tres amenazas analizadas, 3 para la sensibilidad a las amenazas de tormenta y vendaval y 2 para la sensibilidad al aumento del nivel medio del mar.

En la etapa **(5) análisis de riesgo climático** se realizó la traducción del resultado de la interacción de las dimensiones amenaza, exposición y vulnerabilidad en términos mensurables y administrables, por medio de un sistema de indicadores a partir de los cuales fue posible calcular los índices de riesgo climático para cada puerto y cada amenaza climática considerada (tormenta, vendaval y aumento del nivel del mar).

Por último, la etapa **(6) levantamiento de las medidas de adaptación y recomendaciones** identificó 55 medidas de adaptación con potencial de aumentar la resiliencia del sector portuario brasileño, siendo 21 estructurales y 34 no estructurales. Las medidas estructurarles envuelven obras de ingeniería para corrección y/o prevención de desastres, pudiendo alcanzar también las áreas de tecnología, así como la adaptación basada en ecosistema (AbE)⁸. A su vez, las medidas no estructurales tienen el objetivo de reducir los impactos por medio de gestión administrativa, normas, regulaciones o programas, incluyendo las áreas de diseño y mantenimiento, de planificación de seguros y de gestión de sistemas.

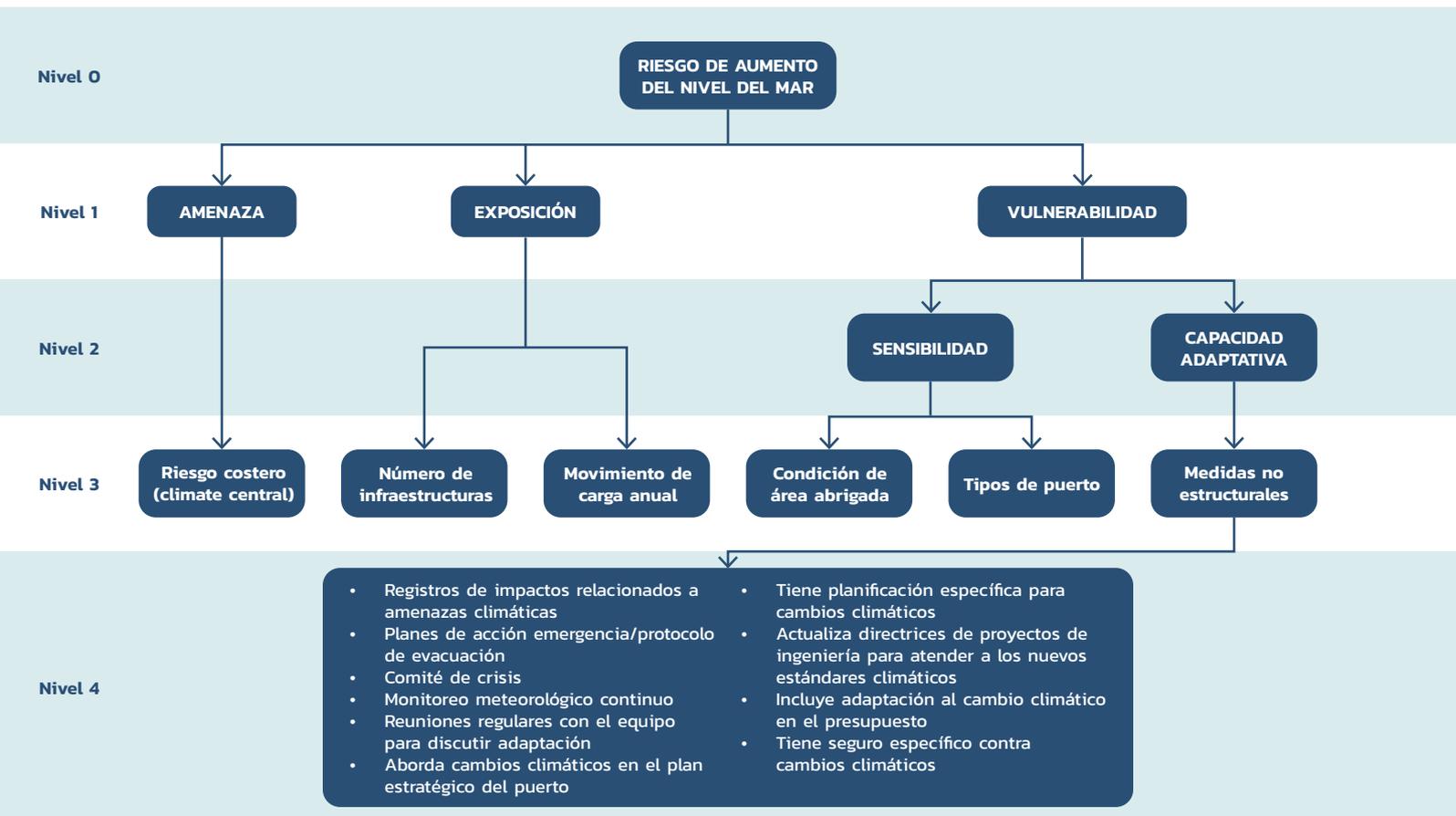
Las Figuras 4, 5 y 6 expuestas a continuación presentan, por medio de una estructura jerárquica, las variables seleccionadas para la composición de los índices de riesgo de aumento del nivel del mar, vendaval y tormenta. La organización de indicadores e índices en estructura jerárquica sigue un modelo de composición adoptado por AdaptaBrasil, en el que niveles más altos representan informaciones más sintéticas relacionadas al riesgo de impacto y sus dimensiones, mientras que los niveles más bajos presentan indicadores más detallados y, por lo tanto, más tangibles para análisis y acciones de planificación para tomadores de decisión.

5. En el escenario RCP4.5 la concentración de CO² equivalente en la atmósfera alcanza casi 650 ppm hasta el final del siglo XXI y las estrategias para reducir las emisiones de GEI hacen que las fuerzas radiactivas se estabilicen en 4,5 W/m² antes del año 2100, lo que representa un aumento entre 1,8°C y 3,3°C en la temperatura promedio global (INPE, 2021).

6. El RCP8.5 corresponde a un escenario de alta concentración de GEI en la atmósfera, en el cual el CO² equivalente excede 1000 ppm hasta el final del siglo XXI y, de tal forma, el forzamiento radiactivo alcanzará 8,5 W/m² hasta el año 2100, lo que representa un aumento entre 3,3°C y 5,9°C en la temperatura promedio global (INPE, 2021).

7. <https://adaptabrasil.mcti.gov.br/>

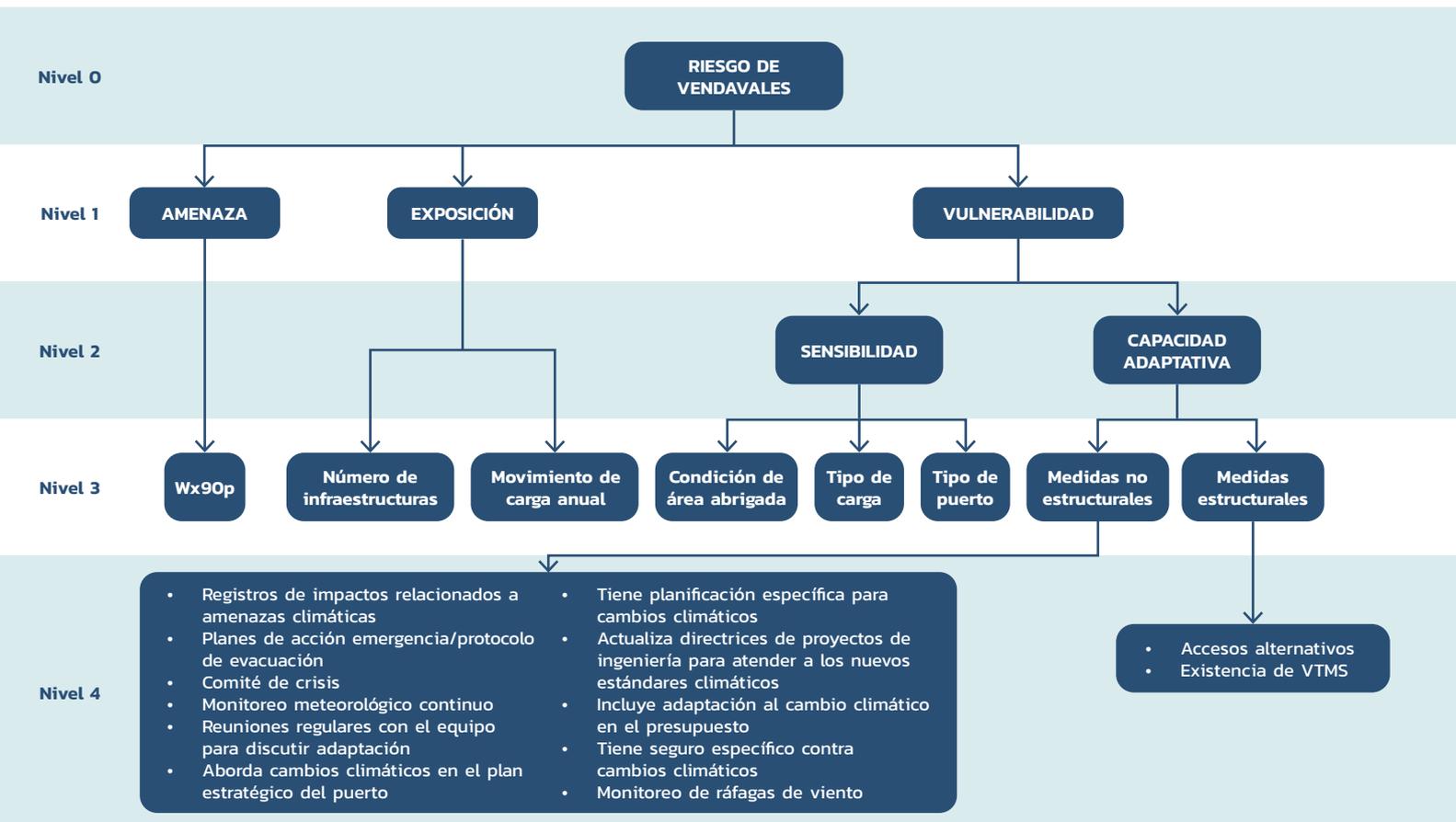
8. El uso de actividades de manejo de ecosistemas para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad.

Figura 4: Estructura Jerárquica del Índice de Riesgo de Aumento del Nivel del Mar

Elaboración: WayCarbon, GIZ, ANTAQ (2021).

Nota: La amenaza de aumento del nivel del mar se constata por la presencia o no del riesgo costero, el cual pudo identificarse por el modelo de elevación digital "CoastalDEM". El indicador condición del área abrigada representa la integridad estructural del área abrigada, teniendo como objetivo indicar cuánto esa área cumple su función de proteger las operaciones portuarias de los vientos, mar y olas. El indicador tipo de puerto indica si el puerto es abrigado de forma artificial o natural, puesto que dependiendo de ese tipo de abrigo, los puertos pueden ser más o menos sensibles a la amenaza analizada. En el caso de los puertos brasileños, ellos pueden ser naturalmente abrigados por una isla/ bahía, por un río/laguna o artificialmente.

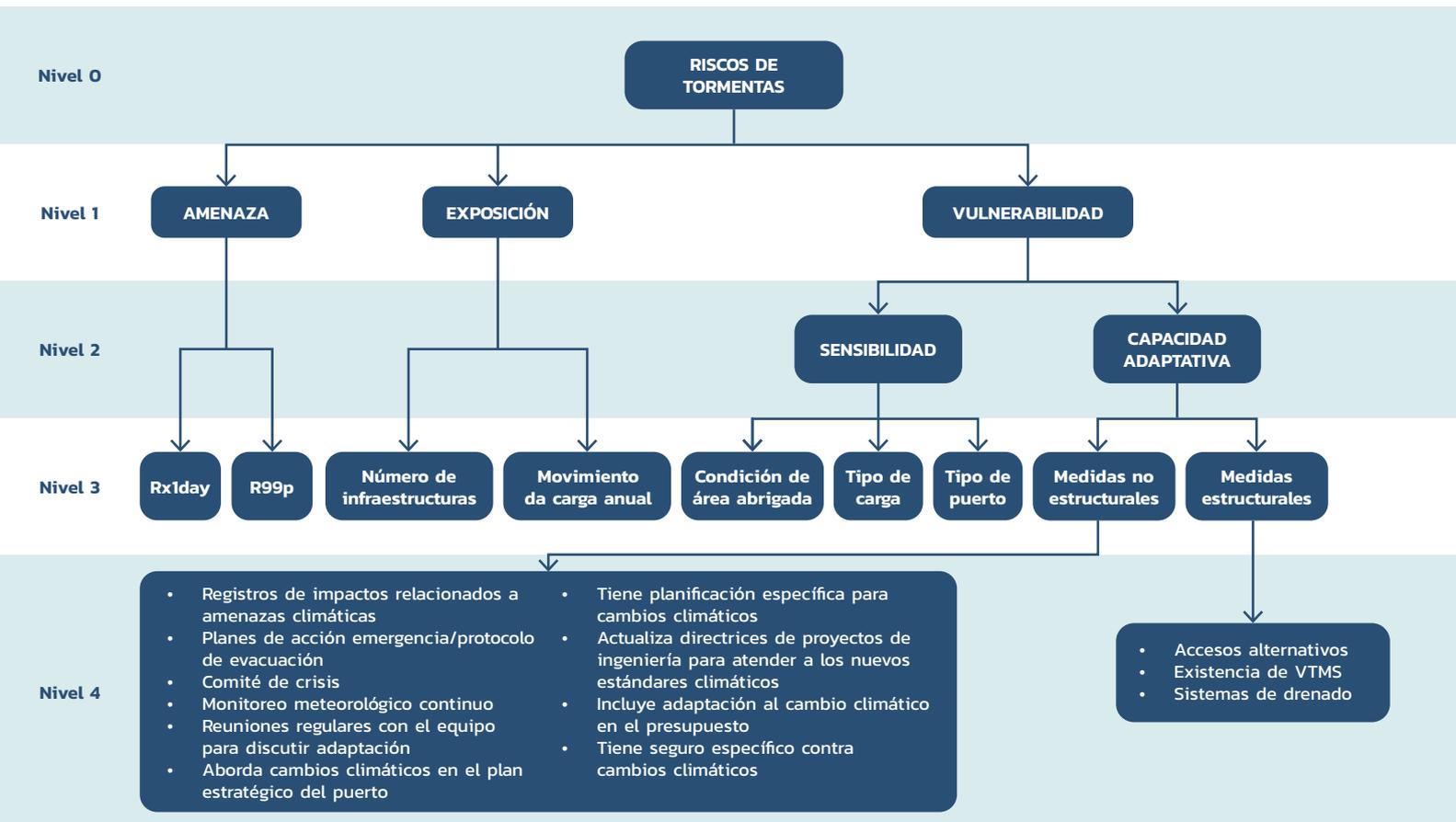
Figura 5: Estructura Jerárquica del Índice de Riesgo de Vendaval.



Elaboración: WayCarbon, GIZ, ANTAQ (2021).

Nota: El indicador Wx90p consiste en el cálculo del porcentaje de días en que la velocidad máxima del viento es superior a 90 percentil. El indicador "tipo de carga" considerado para este cálculo está relacionado a cargas en contenedores, carga general y graneles sólidos, puesto que sus operaciones son más sensibles a los vendavales, considerando que puede haber dificultades en la manipulación de los equipos de izado debido a la velocidad del viento.

Figura 6: Estructura Jerárquica del Índice de Riesgo de Tormenta



Elaboración: WayCarbon, GIZ, ANTAQ (2021).

Nota: El indicador Rx1day representa el mayor volumen anual de precipitación en un día, mientras que el R99 representa el porcentaje de días del año en que la precipitación fue superior al percentil 99 en relación con el período base (1986-2005). O indicador "tipo de carga" considerado para este cálculo está relacionado a la carga vegetal, puesto que la operación de ese tipo de carga es más sensible a las tormentas.

El indicador de exposición para todas las amenazas analizadas se compone de los indicadores intermedios "número de infraestructuras" y "movimiento de carga anual". El número de infraestructuras se obtuvo de los planes maestros de los puertos, mientras que el movimiento de carga anual se obtuvo del *Estatístico Aquaviário* de ANTAQ.

El indicador de vulnerabilidad, formado por los indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa, se obtuvo por medio del levantamiento bibliográfico y aplicación del cuestionario electrónico ya mencionado. Las respuestas del cuestionario, conforme señalado anteriormente, sirvieron de subsidio para

la elaboración del indicador de capacidad adaptativa. A su vez, el levantamiento bibliográfico sirvió de base para la elección de los indicadores intermedios para análisis de sensibilidad. La condición del área abrigada y el tipo de puerto se basaron en los datos *World Port Index* (WPI) de la Agencia Nacional de Información Geoespacial (del inglés *National Geospatial-Intelligence Agency*, NGA), mientras que el tipo de carga, presente tan solo para las amenazas de tormentas y vendavales se obtuvo por medio de los datos del *Estatístico Aquaviário* de ANTAQ.

El indicador de amenaza se elaboró de formas distintas dependiendo de la amenaza climática analizada.

Para las amenazas climáticas de tormentas y vendavales se desarrollaron indicadores a partir de índices climáticos extremos. La base de datos utilizada para el cálculo de esos indicadores consideró un conjunto de modelos climáticos regionales puestos a disposición por el proyecto *Coordinated Regional Downscaling Experiment (CORDEX)*⁹ forzados por modelos climáticos globales del Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) para el dominio de América del Sur. Debemos subrayar que la elaboración de los indicadores relativos a esas dos amenazas estuvo acompañada y validada por especialistas del INPE, quienes desempeñaron un papel fundamental en los resultados obtenidos. Para el indicador de aumento del nivel del mar, la amenaza se estimó a partir del modelo de elevación digital "CoastalDEM", en el cual se evaluó si habrá o no la presencia de una mancha de inundación en el área (polígono) en la que se localizan los puertos analizados. En resumen, en los casos en los que fue posible observar la presencia de mancha de inundación en el área poligonal, se adoptó el valor 1 para el indicador de amenaza y, en los casos en los que no fue posible observar la mancha de inundación, se adoptó el valor 0.

Los índices de riesgo de tormentas y vendavales se elaboraron para el período histórico de 1986-2005 y para los períodos de 2021-2040 y 2041-2060, contraídos en 2030 y 2050, respectivamente, considerando los escenarios de concentración de gases del efecto invernadero en la atmósfera RCP4.5 y RCP8.5. Para el índice de riesgo de aumento del nivel del mar solamente se analizó el riesgo para los períodos proyectados dada la naturaleza de la amenaza.

Se subraya que el análisis temporal del riesgo climático está asociada al indicador de amenaza, considerando que, entre los indicadores envueltos en el cálculo del índice de riesgo, solamente se evaluó ese, considerando su variación en el transcurso del período analizado. Los indicadores de exposición y vulnerabilidad se consideraron como variables constantes, llevando en consideración las condiciones actuales de

cada puerto. De tal forma, al evaluar esos indicadores como variables constantes, fue posible comprender hasta qué punto una amenaza climática podrá afectar los puertos caso el riesgo se convierta en realidad y no se adopte ninguna medida de adaptación.

4.1 :: Índice de Riesgo Climático de los Puertos Analizados

Para cada puerto seleccionado se analizaron los índices de riesgo climático asociados a tormentas, vendavales y aumento del nivel del mar, dado el potencial de generar impactos en las operaciones e infraestructuras. Tales eventos pueden causar también riesgos secundarios, tales como inundaciones, resacas y erosión costera, que pueden potenciar los impactos en el sector portuario.

Los resultados del **índice de riesgo de tormentas**, presentados en la Tabla 2, señalan que no están previstos cambios bruscos en el nivel de riesgo de tormenta para los 21 puertos públicos, considerando que 16 (76,2%) puertos presentan resultados constantes durante el período analizado. Aproximadamente la mitad de los puertos analizados presentaron en el escenario actual un riesgo clasificado como "alto" o "muy alto". Al comparar el período de observación con los períodos proyectados, considerándose los escenarios de emisión RCP 4.5 y 8.5, se ve que en el escenario de emisión RCP 4.5 ningún puerto tuvo una reducción en su nivel de riesgo, se subraya que o tuvo un aumento en la proyección para 2030 y 2050 (23,8%), o se mantuvo constante (76,2%). En el escenario de emisión RCP 8.5, solamente dos puertos (9,5%) aumentaron su nivel de riesgo, uno de ellos tuvo el nivel de riesgo clasificado como muy "bajo" pasando para "medio" en el período proyectado para 2030 y 2050, y el otro aumentó su nivel de riesgo de "medio" para "alto" en la proyección para 2050, mientras que el resto, el 90,5%, presentó un nivel de riesgo inalterado.

Con relación al nivel "muy alto" de riesgo de tormenta, se destacan los puertos de Aratu-Candeias, Cabedelo

⁹ Es un programa patrocinado por el Programa Mundial de Investigación del Clima (WCRP, por sus siglas en inglés) para desarrollar una estructura perfeccionada para generar proyecciones climáticas en escala regional para evaluación de impacto y estudios de adaptación en todo el mundo dentro del calendario AR5 del IPCC.

y Rio Grande. Esos puertos fueron clasificados en esa categoría en todos los períodos y escenarios analizados.

Tanto para el puerto de Aratu-Candeias como para el de Cabedelo, los indicadores que más contribuyeron para el riesgo elevado fueron los de amenaza y el de exposición, como puede observarse a continuación, mientras que, para el puerto de Rio Grande, el

mismo resultado proviene de la fuerte influencia de los indicadores de exposición y vulnerabilidad. Otro punto que llama la atención son los puertos de Natal y São Francisco do Sul que tuvieron su riesgo clasificado como “alto” alterado para “muy alto” en el escenario de emisiones RCP4.5, para los años 2050 y 2030, respectivamente, y en ambos fue en consecuencia de la amenaza proyectada.

Tabla 2: Análisis del riesgo climático para la amenaza de tormentas

| Puerto | E | V | Obs. | | RCP4.5 | | | | RCP8.5 | | | |
|----------------------|-----|-----|------|-------|--------|-------|------|-------|--------|-------|------|-------|
| | | | | | 2030 | | 2050 | | 2030 | | 2050 | |
| | | | A | Ř | A | Ř | A | Ř | A | Ř | A | Ř |
| Angra dos Reis | 0,5 | 0,3 | 0,6 | 0,283 | 0,6 | 0,285 | 0,6 | 0,282 | 0,6 | 0,277 | 0,6 | 0,284 |
| Aratu-Candeias | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,993 | 0,8 | 1,000 | 0,8 | 0,992 | 0,8 | 0,977 | 0,8 | 0,977 |
| Cabedelo | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,856 | 0,7 | 0,880 | 0,7 | 0,882 | 0,7 | 0,864 | 0,7 | 0,851 |
| Fortaleza | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,509 | 0,5 | 0,537 | 0,5 | 0,544 | 0,5 | 0,536 | 0,5 | 0,553 |
| Ilhéus | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,426 | 0,6 | 0,426 | 0,7 | 0,436 | 0,6 | 0,427 | 0,7 | 0,429 |
| Imbituba | 0,7 | 0,5 | 0,6 | 0,618 | 0,6 | 0,638 | 0,6 | 0,632 | 0,6 | 0,628 | 0,6 | 0,637 |
| Itaguaí | 0,8 | 0,3 | 0,5 | 0,397 | 0,5 | 0,406 | 0,5 | 0,401 | 0,5 | 0,401 | 0,5 | 0,410 |
| Itajaí | 0,6 | 0,3 | 0,6 | 0,308 | 0,6 | 0,312 | 0,6 | 0,308 | 0,6 | 0,304 | 0,6 | 0,309 |
| Itaquí | 0,8 | 0,3 | 0,4 | 0,292 | 0,4 | 0,319 | 0,4 | 0,333 | 0,4 | 0,318 | 0,5 | 0,349 |
| Natal | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,792 | 0,8 | 0,793 | 0,8 | 0,809 | 0,7 | 0,788 | 0,7 | 0,766 |
| Niterói | 0,5 | 0,3 | 0,6 | 0,249 | 0,6 | 0,256 | 0,6 | 0,250 | 0,6 | 0,251 | 0,6 | 0,256 |
| Paranaguá | 0,9 | 0,4 | 0,6 | 0,661 | 0,6 | 0,666 | 0,6 | 0,663 | 0,6 | 0,658 | 0,6 | 0,670 |
| Recife | 0,7 | 0,4 | 0,8 | 0,750 | 0,8 | 0,779 | 0,8 | 0,774 | 0,8 | 0,787 | 0,8 | 0,767 |
| Rio de Janeiro | 0,8 | 0,3 | 0,6 | 0,481 | 0,6 | 0,494 | 0,6 | 0,483 | 0,6 | 0,484 | 0,6 | 0,495 |
| Rio Grande | 0,9 | 0,6 | 0,5 | 1,000 | 0,5 | 0,983 | 0,5 | 0,987 | 0,5 | 0,998 | 0,5 | 0,991 |
| Salvador | 0,7 | 0,3 | 0,8 | 0,461 | 0,8 | 0,464 | 0,8 | 0,462 | 0,8 | 0,456 | 0,8 | 0,458 |
| Santos | 1,0 | 0,3 | 0,6 | 0,627 | 0,6 | 0,636 | 0,6 | 0,622 | 0,6 | 0,620 | 0,6 | 0,639 |
| São Francisco do Sul | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,792 | 0,6 | 0,801 | 0,6 | 0,791 | 0,6 | 0,785 | 0,6 | 0,798 |
| São Sebastião | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,596 | 0,6 | 0,604 | 0,6 | 0,591 | 0,6 | 0,582 | 0,6 | 0,601 |
| SUAPE | 0,9 | 0,2 | 0,9 | 0,604 | 0,9 | 0,625 | 0,9 | 0,622 | 0,9 | 0,630 | 0,9 | 0,617 |
| Vitória | 0,8 | 0,3 | 0,6 | 0,398 | 0,6 | 0,400 | 0,6 | 0,394 | 0,6 | 0,393 | 0,6 | 0,394 |

| Muy bajo | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0 – 0,199 | 0,2 – 0,399 | 0,4 – 0,599 | 0,6 – 0,799 | 0,8 – 1,000 |

Fuente: Datos enviados por las autoridades entidades portuarias y datos del CORDEX. **Elaboración:** WayCarbon, GIZ y ANTAQ (2021).

Nota: E = Exposición, V = Vulnerabilidad, A = Amenaza, Ř = Riesgo (estandarizado) y Obs = Observacional.

La clasificación para la amenaza de tormentas se mantuvo prácticamente constante en el período observado y para el escenario RPC 8.5 para la proyección en 2050, como se muestra en la Tabla 3. Los puertos de Rio Grande, Aratu-Candeias y Cabedelo fueron clasificados con el mayor riesgo de tormentas en los períodos

observados, ocupando el primer, segundo y tercer lugar respectivamente. Los puertos que sufrieron cambios fueron: Natal (4° al 6°), São Francisco do Sul (5° al 4°), Recife (6° al 5°), Vitória (16° al 17°), Itaguaí (17° al 16°), Itajaí (18° al 19°) y Itaquí (19° al 18°).

Tabla 3: Clasificación de los puertos: amenaza de tormentas

| Posición | Puerto | Observado | Posición | Puerto | 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 |
| 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 |

Elaboración: WayCarbon, GIZ y ANTAQ (2021).

Los resultados del **índice de riesgo de vendavales**, presentados en la Tabla 4, señalan que el 33,3% de los puertos ya tienen, considerándose el escenario observacional, un riesgo clasificado como "alto" o "muy alto". Al analizar esa situación en escenarios futuros, se nota un aumento significativo de ese riesgo, el cual, en el escenario del RCP4.5 representa el 57,1% y el 66,7% de los puertos, para 2030 y 2050, respectivamente. Con relación al escenario del RCP8.5, el resultado es todavía más expresivo, alcanzando riesgo "alto" o "muy alto" en el 76,2% de los puertos en el período de 2050. Eso significa que el número de puertos con riesgo significativo más que se duplicará en ese escenario caso no se adopten medidas de adaptación.

Al comparar los escenarios de emisiones RCP 4.5 y 8.5, considerando los dos períodos en conjunto, se observa que los puertos de Aratu-Candeias, Cabedelo, Natal, Salvador y Suape fueron los que sufrieron alteraciones en la categorización entre esos escenarios, aumentando su riesgo, principalmente en el escenario de emisión RCP 8.5. Se subraya que en esos casos en que el riesgo aumenta considerablemente, es necesaria una atención por parte de la administración portuaria para evitar posibles perjuicios en el futuro, causados por la falta de inversiones en medidas de adaptación.

Tabla 4: Análisis del riesgo climático para la amenaza de vendaval

| Puerto | E | V | Obs. | | RCP4.5 | | | | RCP8.5 | | | |
|----------------------|-----|-----|------|-------|--------|-------|------|-------|--------|-------|------|-------|
| | | | | | 2030 | | 2050 | | 2030 | | 2050 | |
| | | | A | Ř | A | Ř | A | Ř | A | Ř | A | Ř |
| Angra dos Reis | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,364 | 0,7 | 0,397 | 0,7 | 0,440 | 0,7 | 0,406 | 0,8 | 0,449 |
| Aratu-Candeias | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 0,496 | 0,7 | 0,578 | 0,8 | 0,599 | 0,8 | 0,615 | 0,9 | 0,723 |
| Cabedelo | 0,7 | 0,5 | 0,6 | 0,445 | 0,7 | 0,568 | 0,8 | 0,617 | 0,8 | 0,604 | 1,0 | 0,737 |
| Fortaleza | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,534 | 0,7 | 0,638 | 0,8 | 0,692 | 0,7 | 0,662 | 0,8 | 0,754 |
| Ilhéus | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,595 | 0,7 | 0,663 | 0,7 | 0,703 | 0,7 | 0,699 | 0,8 | 0,789 |
| Imbituba | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,761 | 0,6 | 0,776 | 0,7 | 0,804 | 0,7 | 0,799 | 0,7 | 0,835 |
| Itaguaí | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,618 | 0,7 | 0,670 | 0,7 | 0,747 | 0,7 | 0,696 | 0,8 | 0,764 |
| Itajaí | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 0,334 | 0,6 | 0,345 | 0,7 | 0,350 | 0,7 | 0,351 | 0,7 | 0,361 |
| Itaquí | 0,8 | 0,3 | 0,6 | 0,426 | 0,7 | 0,487 | 0,8 | 0,525 | 0,8 | 0,536 | 0,9 | 0,580 |
| Natal | 0,7 | 0,5 | 0,6 | 0,467 | 0,8 | 0,607 | 0,8 | 0,681 | 0,8 | 0,643 | 1,0 | 0,802 |
| Niterói | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,324 | 0,6 | 0,351 | 0,7 | 0,388 | 0,7 | 0,369 | 0,7 | 0,400 |
| Paranaguá | 0,9 | 0,5 | 0,6 | 0,634 | 0,7 | 0,686 | 0,7 | 0,717 | 0,7 | 0,695 | 0,7 | 0,741 |
| Recife | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,728 | 0,7 | 0,840 | 0,7 | 0,873 | 0,7 | 0,872 | 0,8 | 1,000 |
| Rio de Janeiro | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 0,581 | 0,6 | 0,628 | 0,7 | 0,694 | 0,7 | 0,660 | 0,7 | 0,715 |
| Rio Grande | 0,9 | 0,5 | 0,6 | 0,698 | 0,7 | 0,721 | 0,7 | 0,741 | 0,7 | 0,719 | 0,7 | 0,737 |
| Salvador | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,676 | 0,7 | 0,771 | 0,7 | 0,794 | 0,8 | 0,813 | 0,9 | 0,944 |
| Santos | 1,0 | 0,5 | 0,6 | 0,733 | 0,7 | 0,777 | 0,7 | 0,842 | 0,7 | 0,796 | 0,7 | 0,857 |
| São Francisco do Sul | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,592 | 0,7 | 0,626 | 0,7 | 0,638 | 0,7 | 0,631 | 0,7 | 0,661 |
| São Sebastião | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,532 | 0,7 | 0,562 | 0,7 | 0,614 | 0,7 | 0,582 | 0,7 | 0,629 |
| SUAPE | 0,9 | 0,4 | 0,6 | 0,494 | 0,7 | 0,560 | 0,7 | 0,575 | 0,7 | 0,579 | 0,8 | 0,653 |
| Vitória | 0,8 | 0,3 | 0,6 | 0,288 | 0,7 | 0,333 | 0,8 | 0,377 | 0,8 | 0,357 | 0,8 | 0,396 |

| Muy bajo | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0 – 0,199 | 0,2 – 0,399 | 0,4 – 0,599 | 0,6 – 0,799 | 0,8 – 1,000 |

Fuente: Datos enviados por las autoridades entidades portuarias y datos del CORDEX. **Elaboración:** WayCarbon, GIZ y ANTAQ (2021).

Nota: E = Exposición, V = Vulnerabilidad, A = Amenaza, Ř = Riesgo (estandarizado) y Obs = Observacional.

La clasificación de los puertos (Tabla 5) para la amenaza de vendaval muestra cambios significativos con respecto al período observado para el período proyectado en 2050. El puerto de Rio Grande, que se encontraba entre los cinco puertos con mayor

riesgo de vendaval en el período observado, ocupó el puesto 11° en el período 2050. El puerto de Natal, ubicado en el puesto 15° en el período observado, ascendió al 5° lugar, con un aumento considerable de su índice de riesgo de vendaval.

Tabla 5: Clasificación de los puertos: amenaza de vendaval

| Posición | Puerto | Observado | Posición | Puerto | 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 |
| 19° | Itajaí | 0,334 | 19° | Niterói | 0,400 |
| 20° | Niterói | 0,324 | 20° | Vitória | 0,396 |
| 21° | Vitória | 0,288 | 21° | Itajaí | 0,361 |

Elaboración: WayCarbon, GIZ y ANTAQ (2021).

El **índice de riesgo del aumento del nivel del mar** de los 21 puertos públicos permaneció inalterado durante los períodos analizados debido al indicador de amenaza, visto que tal indicador fue tratado como un indicador binario (amenaza presente o ausente) en la metodología adoptada, desconsiderando las posibles diferencias entre el aumento relativo del mar en los años y en los escenarios de emisiones analizados. Entre los puertos analizados, once de ellos, o el 52% de los puertos analizados (Aratu-Candeias, Paranaguá,

Rio Grande, Santos y São Francisco do Sul, Cabedelo, Fortaleza, Imbituba, Itaguaí, Recife y São Sebastião), tendrán en 2030 un riesgo de aumento del nivel del mar clasificado como “muy alto” o “alto”, teniendo fuerte influencia del indicador de exposición (Tabla 4). El resultado nulo para los puertos de Angra dos Reis, Niterói y Río de Janeiro es consecuencia de la metodología seleccionada para el presente estudio que no identificó la presencia de mancha de inundación en los períodos y escenarios analizados.

Tabla 6: Análisis del riesgo climático para la amenaza de aumento del nivel del mar

| Puerto | E | V | RCP4.5 | | | | RCP8.5 | | | |
|----------------------|-----|-----|--------|-------|------|-------|--------|-------|------|-------|
| | | | 2030 | | 2050 | | 2030 | | 2050 | |
| | | | A | Ř | A | Ř | A | Ř | A | Ř |
| Angra dos Reis | 0,5 | 0,5 | 0,0 | 0,000 | 0,0 | 0,000 | 0,0 | 0,000 | 0,0 | 0,000 |
| Aratu-Candeias | 0,8 | 0,6 | 1,0 | 1,000 | 1,0 | 1,000 | 1,0 | 1,000 | 1,0 | 1,000 |
| Cabedelo | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 0,640 | 1,0 | 0,640 | 1,0 | 0,640 | 1,0 | 0,640 |
| Fortaleza | 0,7 | 0,6 | 1,0 | 0,778 | 1,0 | 0,778 | 1,0 | 0,778 | 1,0 | 0,778 |
| Ilhéus | 0,5 | 0,4 | 1,0 | 0,499 | 1,0 | 0,499 | 1,0 | 0,499 | 1,0 | 0,499 |
| Imbituba | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 0,705 | 1,0 | 0,705 | 1,0 | 0,705 | 1,0 | 0,705 |
| Itaguaí | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 0,731 | 1,0 | 0,731 | 1,0 | 0,731 | 1,0 | 0,731 |
| Itajaí | 0,6 | 0,1 | 1,0 | 0,127 | 1,0 | 0,127 | 1,0 | 0,127 | 1,0 | 0,127 |
| Itaqui | 0,8 | 0,3 | 1,0 | 0,463 | 1,0 | 0,463 | 1,0 | 0,463 | 1,0 | 0,463 |
| Natal | 0,7 | 0,3 | 1,0 | 0,416 | 1,0 | 0,416 | 1,0 | 0,416 | 1,0 | 0,416 |
| Niterói | 0,4 | 0,4 | 0,0 | 0,000 | 0,0 | 0,000 | 0,0 | 0,000 | 0,0 | 0,000 |
| Paranaguá | 0,9 | 0,4 | 1,0 | 0,834 | 1,0 | 0,834 | 1,0 | 0,834 | 1,0 | 0,834 |
| Recife | 0,7 | 0,4 | 1,0 | 0,637 | 1,0 | 0,637 | 1,0 | 0,637 | 1,0 | 0,637 |
| Rio de Janeiro | 0,8 | 0,4 | 0,0 | 0,000 | 0,0 | 0,000 | 0,0 | 0,000 | 0,0 | 0,000 |
| Rio Grande | 0,9 | 0,5 | 1,0 | 0,963 | 1,0 | 0,963 | 1,0 | 0,963 | 1,0 | 0,963 |
| Salvador | 0,7 | 0,3 | 1,0 | 0,471 | 1,0 | 0,471 | 1,0 | 0,471 | 1,0 | 0,471 |
| Santos | 1,0 | 0,4 | 1,0 | 0,811 | 1,0 | 0,811 | 1,0 | 0,811 | 1,0 | 0,811 |
| São Francisco do Sul | 0,7 | 0,6 | 1,0 | 0,805 | 1,0 | 0,805 | 1,0 | 0,805 | 1,0 | 0,805 |
| São Sebastião | 0,6 | 0,6 | 1,0 | 0,678 | 1,0 | 0,678 | 1,0 | 0,678 | 1,0 | 0,678 |
| SUAPE | 0,9 | 0,3 | 1,0 | 0,573 | 1,0 | 0,573 | 1,0 | 0,573 | 1,0 | 0,573 |
| Vitória | 0,8 | 0,4 | 1,0 | 0,595 | 1,0 | 0,595 | 1,0 | 0,595 | 1,0 | 0,595 |

| Muito bajo | Bajo | Medio | Alto | Muy alto |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0 – 0,199 | 0,2 – 0,399 | 0,4 – 0,599 | 0,6 – 0,799 | 0,8 – 1,000 |

Fuente: Datos enviados por las autoridades entidades portuarias y datos del CORDEX. **Elaboración:** WayCarbon, GIZ y ANTAQ (2021).

Nota: E = Exposición, V = Vulnerabilidad, A = Amenaza, Ř = Riesgo (estandarizado).

En la clasificación para la amenaza de aumento del nivel del mar (Tabla 7), se destaca que, al no existir datos para el período observado, no fue posible realizar un

análisis comparativo con el período 2050. Sin embargo, es posible identificar los puertos que más sufrirán los impactos si se logra la subida del nivel del mar.

Tabla 7: Clasificación de los puertos: amenaza de aumento del nivel del mar

| Posición | Puerto | 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° | Itaqui | 0,463 |
| 17° | Natal | 0,416 |
| 18° | Itajaí | 0,127 |
| 19° | Angra dos Reis | 0,000 |
| | Niterói | 0,000 |
| | Rio de Janeiro | 0,000 |

Elaboración: WayCarbon, GIZ y ANTAQ (2021).

5 :: Medidas de Adaptación

El levantamiento de medidas de adaptación se realizó por medio de una revisión bibliográfica de experiencias realizadas, en los contextos nacional e internacional, en puertos que ya enfrentan esos riesgos climáticos y por medio del levantamiento documental de las acciones y medidas existentes en los puertos analizados. Según se señaló anteriormente, se enumeraron 55 medidas de adaptación para los puertos, siendo 21 estructurales y 34 no estructurales (Tabla 8 y Tabla 9).

En las tablas a continuación se indican las medidas de adaptación, las respectivas amenazas climáticas que hay que atender, su clasificación con relación al Plan de Desarrollo y Zonificación Portuario (PDZ)

y al porcentaje de puertos que ya adoptan las medidas, levantado a partir del cuestionario enviado a los representantes de los puertos. No todas las medidas levantadas en la literatura se abordaron en el cuestionario enviado a los puertos, siendo tales casos identificados en la tabla a continuación como "N/A" (no se aplica). Debemos subrayar que el PDZ es un instrumento de planificación del sector portuario, en el que se definen las acciones que los puertos adoptarán en un escenario de corto, medio y largo plazo. De tal manera, al indicar la sección del PDZ en que se encaja la medida de adaptación, se buscó mostrar que esas medidas sugeridas están y deben estar alineadas con ese importante instrumento, pudiendo por lo tanto integrarse con él.

Tabla 8: Lista de medidas de adaptaciones estructurales

| Medida | ANM | Tormenta | Vendaval | PDZ | % de puertos que ya adoptan la medida |
|---|-----|----------|----------|---------|---------------------------------------|
| Adecuación de las estructuras a los nuevos estándares climáticos | ✓ | ✓ | ✓ | PIP | N/A |
| Diversificación de las conexiones terrestres para el puerto/terminal | ✓ | ✓ | ✓ | PIA | N/A |
| Aumento de las dimensiones de las infraestructuras de abrigo | ✓ | ✓ | | PIP | N/A |
| Construcción de las infraestructuras de abrigo | ✓ | ✓ | | PIP | N/A |
| Refuerzo de las estructuras de enroque | ✓ | | | PIP | N/A |
| Automatización de las tareas logísticas | | ✓ | ✓ | MO | N/A |
| Implementación de VTMS | | ✓ | ✓ | MO | 4,76% |
| Refuerzo de las infraestructuras de abrigo | ✓ | | | PIP | N/A |
| Elevación de altura de las infraestructuras de abrigo | ✓ | | | PIP | N/A |
| Protección de las cargas contra las inundaciones | ✓ | | | PIP/PRA | N/A |
| Inclusión de proyecciones de aumento del nivel del mar en futuras concepciones de infraestructuras | ✓ | | | MO | N/A |
| Adecuación de las estructuras del atracadero al nivel del mar | ✓ | | | PIP | N/A |
| Aumento de la cota de elevación del puerto | ✓ | | | PIP | N/A |
| Ampliación del proceso de dragado | ✓ | | | MO | N/A |
| Mejora de la calidad de los accesos al puerto/terminal | ✓ | | | MO | N/A |
| Consideración del aumento del nivel del mar en los inventarios de sustitución y remodelación de infraestructura | ✓ | | | PIP | N/A |
| Mejora de los sistemas de drenado | | ✓ | | PIP | N/A |
| Reforma de infraestructuras o equipos vulnerables a las inundaciones | | ✓ | | PIP | N/A |
| Consideración de la planificación paisajística en el nivel de la cuenca hidrográfica y opciones de adaptación basadas en el ecosistema para la reducción del riesgo de inundaciones | | ✓ | | PIP | N/A |
| Implementación de SuDS | | ✓ | | PIP | N/A |
| Utilización de monitores de vientos automáticos en los <i>shiploaders</i> (cargadores de navíos) | | | ✓ | MO | N/A |

Elaboración: WayCarbon, GIZ, ANTAQ (2021).

Nota: ANM = Aumento del nivel del mar; VTMS = *Vessel Traffic Management Information System*; MO = Mejoras operativas, PIP = Propuesta de inversiones portuarias, PIA = Propuesta de inversiones en accesos, PRA = Propuesta de reorganización de áreas, N/A = No aplicable. El cálculo del porcentaje de los puertos que tienen las medidas realizadas se realizó considerando el número de puertos que declaró, en el cuestionario aplicado, que ya había adoptado la medida para al menos una de las amenazas analizadas.

Tabla 9: Lista de medidas de adaptación no estructurales

| Medida | ANM | Tormenta | Vendaval | PDZ | Escenario actual |
|---|-----|----------|----------|-----|------------------|
| Suministro de planes de emergencia a los conductores | ✓ | ✓ | ✓ | MG | N/A |
| Revisión de los planes de contingencia | ✓ | ✓ | ✓ | MG | N/A |
| Modificación en la disposición de las estructuras en el área del puerto organizado | ✓ | ✓ | ✓ | PRA | N/A |
| Trabajo en conjunto con aseguradoras | ✓ | ✓ | ✓ | MG | N/A |
| Adopción de seguro específico contra cambios climáticos | ✓ | ✓ | ✓ | MG | 0% |
| Creación de una red para compartición de informaciones | ✓ | ✓ | ✓ | MG | N/A |
| Realización de reuniones para discutir la adaptación | ✓ | ✓ | ✓ | MG | 28,57% |
| Abordaje del cambio climático en el plan estratégico del puerto | ✓ | ✓ | ✓ | MG | 28,57% |
| Adopción de planificación específica para el cambio climático | ✓ | ✓ | ✓ | MG | 9,52% |
| Inclusión de adaptación al cambio climático en el presupuesto | ✓ | ✓ | ✓ | MG | 4,76% |
| Actualización de directrices de proyectos de ingeniería para atender los nuevos estándares climáticos | ✓ | ✓ | ✓ | MG | 14,29% |
| Registro de impactos relacionados a las amenazas climáticas (fechas, consecuencias o costos) | ✓ | ✓ | ✓ | MG | 4,76% |
| Adopción de planes de acción de emergencia/protocolo de evacuación | ✓ | ✓ | ✓ | MG | 9,52% |
| Establecimiento de un comité de crisis | ✓ | ✓ | ✓ | MG | 9,52% |
| Implementación de un monitoreo meteorológico continuo/ propio/Cooperación con otras instituciones | ✓ | ✓ | ✓ | MO | 23,81% |
| Realización de evaluaciones de capacidad de operación | ✓ | ✓ | | MO | N/A |
| Alteración del régimen de trabajo durante eventos extremos | | ✓ | ✓ | MG | N/A |
| Establecimiento de alianzas con estaciones meteorológicas locales | | ✓ | ✓ | MG | N/A |
| Adopción de buenas prácticas de trabajo | | ✓ | ✓ | MG | N/A |
| Revisión de los umbrales críticos operativos para equipos de movimiento de carga | | ✓ | ✓ | MO | N/A |
| Revisión y ajuste del Programa de mantenimiento | | ✓ | | MG | N/A |
| Compromiso de las partes interesadas para planificar opciones de gestión de inundación | | ✓ | | MG | N/A |
| Revisión de los sistemas de alerta | | ✓ | | MO | N/A |
| Adecuación del almacenamiento de las cargas sensibles a la tormenta | | ✓ | | MO | N/A |
| Uso de EPI exclusivo para las áreas inundadas | | ✓ | | MG | 4,76% |
| Implementación de los sistemas de alerta | | | ✓ | MO | N/A |
| Implementación del sistema de previsión de la velocidad del viento | | | ✓ | MO | N/A |
| Reducción de la altura de apilado de los contenedores | | | ✓ | MO | N/A |
| Revisión de los sistemas de frenado y de fijación de las grúas | | | ✓ | MO | N/A |
| Revisión de correas, sistemas de iluminación e infraestructuras generales | | | ✓ | MO | N/A |
| Plan de mantenimiento y contingencia de los equipos | | | ✓ | MG | 4,76% |
| Perfeccionamiento de la gestión para la prevención de riesgos de vendavales | | | ✓ | MG | N/A |
| Monitoreo del viento en el área portuaria/operativa | | | ✓ | MO | 4,76% |
| Monitoreo del viento por el equipo de izado | | | ✓ | MO | N/A |

Elaboración: WayCarbon, GIZ, ANTAQ (2021).

Nota: ANM = Aumento del nivel del mar; MG = Mejoras de gestión; MO = Mejoras operativas, N/A = No aplicable. El cálculo del porcentaje de los puertos que tienen las medidas realizadas se efectuó considerando el número de puestos que declaró, en el cuestionario aplicado, que ya había adoptado la medida para al menos una de las amenazas analizadas.

La adopción de medidas de adaptación como respuesta al cambio climático por parte de los puertos públicos de la costa brasileña todavía es incipiente y no cuenta con mucha adhesión, como puede constatar a partir del análisis de las Tabla 8 y Tabla 9. Con relación a las medidas de adaptación, solamente un puerto (4,76%) relató la implementación del VTMS, siendo esta la única medida de adaptación estructural levantada por medio del cuestionario. Las medidas de gestión, aunque son más difundidas en comparación a las estructurales, todavía se realizan en pocos puertos. Entre las 13 medidas de adaptación de ese tipo presentadas en el cuestionario, solamente 3 de ellas son adoptadas por más del 20% de los puertos (Realización de reuniones para discutir la adaptación; Abordaje del cambio climático en el plan estratégico del puerto; y Implementación de un monitoreo meteorológico continuo/propio/Cooperación con otras instituciones). También hay evidencia de que ningún puerto relató la contratación de seguros específicos contra el cambio climático, medida que tendría potencial de mitigar los impactos financieros de esos eventos.

Se subraya que la adaptación al cambio climático debe pensarse llevando en consideración las características específicas de cada contexto, por lo tanto, las acciones de adaptación genéricas no deben adoptarse sin una investigación apropiada del local (McEvoy y Mullet, 2013). Por lo tanto, para alcanzar las acciones que más se aproximan de la realidad y del interés de cada puerto, resulta necesario un proceso de selección y priorización de las acciones que puede realizarse a partir de la lista presentada.

Entre los métodos existentes para auxiliar en el proceso de selección y priorización, está el análisis multicriterio, considerado como un instrumento de apoyo para la toma de decisiones. Ese análisis permite comparar medidas heterogéneas por medio de la combinación de diferentes criterios que pueden ser financieros y no financieros (SCOTT *et al.*, 2013):

- **Costos:** se refiere a los costos económicos inmediatos de la opción y a los probables costos continuos, así como a los costos sociales y ambientales asociados;
- **Eficacia:** la opción de adaptación debe alcanzar el objetivo declarado;
- **Eficiencia:** los beneficios de la opción deben ser mayores que los costos;
- **Equidad:** la opción de adaptación no deberá afectar negativamente a otras áreas o personas;
- **Prioridad:** los riesgos extremos deben tratarse con urgencia;
- **Co-beneficios:** las opciones de adaptación pueden ser capaces de beneficiarse de oportunidades que conducen a beneficios ambientales, sociales o económicos;
- **Mala adaptación:** las opciones no deben bloquear los resultados, limitar futuras opciones de adaptación o causar impacto negativo en otras áreas o personas.

Se subraya que los criterios deben determinarse para cada caso y evaluarse de acuerdo con su relevancia para la toma de decisión, a partir de la atribución de valores (pesos) para cada uno de ellos. Un ejemplo sería: tres puntos para medidas que atienden muy bien los criterios, dos puntos para las que los atienden bien y un punto para las que los atiendan mal. Además, es posible establecer criterios más importantes que tienen un peso mayor que los demás, valiendo el doble, por ejemplo. Con base en ese proceso, los puertos podrán evaluar las opciones enumeradas para determinar las medidas de adaptación a implementar.

6 :: Conclusiones y Recomendaciones

El sector portuario brasileño ya siente los efectos del cambio climático y, con la intensificación para tales efectos, los impactos sentidos serán cada vez más graves, con potencial para generar una serie de perjuicios para los puertos y la economía nacional. Los estudios sobre los riesgos climáticos a los cuales está o estará expuesto el sector portuario todavía son embrionarios y sin informaciones robustas sobre las medidas de adaptación, dejando en evidencia la relevancia de este estudio. La falta de informaciones se relaciona con la dificultad de encontrar evaluaciones sobre las medidas ya implementadas por algunos puertos, posiblemente debido a la falta de monitoreo.

Por lo general, los resultados presentados indican que no hay un estándar de aumento o disminución del riesgo climático por región, considerando que en la misma región geográfica fue posible identificar puertos con diferentes niveles de riesgo climático para las amenazas de tormenta, vendaval y aumento del nivel del mar.

Entre los riesgos analizados, los vendavales fueron los que se mostraron más críticos, considerando los escenarios temporales futuros, llevando en consideración que el 33,3% (7 de 21) de los puertos, considerando el escenario observacional, ya tienen un riesgo "alto" o "muy alto" con relación a los vendavales, pudiendo pasar para el 76,2% (16 de 21) en el escenario de emisión RCP 8.5 para el año 2050.

A su vez, para el índice de riesgo de tormenta y aumento del nivel del mar, los resultados clasificados como "alto" y "muy alto" permanecieron inalterados o con poca variación entre los períodos y escenarios analizados y en comparación al período observacional, siendo que para el período de 2050 y el escenario de emisiones RCP8.5 ese resultado es proyectado para ambas amenazas en el 52,4% (11 de 21) de los puertos analizados. En este mismo período y escenario de emisiones, debemos destacar que la región nordeste fue la que presentó más puertos con nivel "muy alto" o "alto" en el índice de riesgo climático para vendavales y tormentas, igualándose a la región sur para el aumento del nivel del mar.

La reducción del riesgo climático envuelve la adopción de medidas de adaptación estructurales y no estructurales. Sin embargo, como se vio anteriormente,

una pequeña parte de los puertos adopta medidas que los hagan resilientes ante las amenazas climáticas analizadas. Al llevar en consideración tal hecho y los resultados de los índices de riesgo climático, se observa la necesidad inmediata de la adopción de medidas de adaptación por parte del sector portuario como forma de minimizar los posibles impactos y perjuicios generados por la presencia del riesgo de tormentas, vendavales y aumento del nivel del mar.

Se subraya que el involucramiento de los puertos durante el proyecto, desde la selección de las amenazas climáticas y de los indicadores a utilizar en los análisis de exposición y vulnerabilidad hasta la validación de los resultados preliminares del análisis de riesgo, fue de suma importancia para alcanzar resultados de acuerdo con la realidad vivida por ellos. De tal forma, para conseguir una adaptación eficiente y eficaz en el contexto local se recomienda el involucramiento activo de los actores del sector portuario, desde los gestores hasta los trabajadores de la línea de frente del puerto.

El presente estudio representa un gran paso en pro de la inclusión del tema resiliencia climática del sector portuario en la agenda de las autoridades públicas brasileñas. Los resultados presentados tienen el potencial de dar subsidios para la realización de políticas públicas nacionales sobre la adaptación del cambio climático en el sector portuario, además de permitir una regulación y fiscalización más enfocadas en esa importante cuestión. Como se puede observar en todo este informe, los impactos en las operaciones portuarias en función del cambio climático ya son una realidad en Brasil y, si se mantienen las condiciones actuales, hay una tendencia a peor en este escenario. Por lo tanto, a partir de este relevante diagnóstico, resulta necesaria una concertación de acciones entre los gobiernos, las autoridades portuarias y la agencia reguladora para mitigar los impactos del cambio climático en los puertos brasileños.

Debemos subrayar que, a partir de la clasificación de los puertos con mayor riesgo de tormenta, vendaval y aumento del nivel del mar en el período de 2050 y en el escenario de emisión RCP 8.5, fue posible observar que algunos puertos se mantuvieron entre los cinco primeros en por lo menos dos de las amenazas anali-

zadas, siendo ellos: Aratu-Candeias (tormenta -2º lugar y aumento del nivel del mar - 1er lugar), Rio Grande (tormenta - 1er lugar y aumento del nivel del mar - 2º lugar), Recife (tormentas - 5º lugar y vendavales - 1er lugar), Santos (vendavales - 3er lugar y aumento del nivel del mar - 4º lugar), São Francisco do Sul (tormentas - 4º lugar y aumento del nivel del mar - 5º lugar).

Por lo tanto, es relevante mencionar que el eje 2 de este proyecto presentará análisis personalizados para

3 puertos brasileños (Santos, Rio Grande y Aratu-Candeias). Esos puntos fueron seleccionados a partir de las clasificaciones de riesgo climático presentadas, además de considerar el aspecto regional y las perspectivas de nuevas inversiones materializadas en arriendos calificados en el Programa de Alianza de Inversiones - PPI, por sus siglas en portugués. Se espera que tales estudios contribuyan todavía más para ir en la dirección del aumento de la resiliencia de los puertos brasileños a los impactos provenientes del cambio climático.

7 :: Referencias Bibliograficas

ANTAQ. **Estatístico Aquaviário**. 2021. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Anuario/>. Acesso em: 11 maio. 2021.

BECKER, A.; BECKER, A.; CAHOON, S.; CHEN, S.-L.; EARL, P.; YANG, Z. (org.). The state of climate adaptation for ports and the way forward. In: **Climate change and adaptation planning for ports**. New York: Routledge, 2016. (Routledge studies in transport analysis).p. 285.

CLIMATE CENTRAL. **Sea level rise and coastal flood risk maps - a global screening tool by Climate Central**. 2021. Disponível em: https://coastal.climate-central.org/map/10/-43.1391/-22.8729/?theme=sea_level_rise&map_type=year&basemap=roadmap&contiguous=true&elevation_model=best_available&forecast_year=2050&pathway=rcp45&percentile=p50&return_level=return_level_1&slr_model=kopp_2014. Acesso em: 31 ago. 2021.

INPE. **Projeções Climáticas no Brasil**. 2021. Disponível em: <http://pclima.inpe.br/como-consultar/>. Acesso em: 12 abr. 2021.

IPCC. **Climate change 2014: Synthesis Report**. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014 a.

IPCC. **Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Working Group II contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. New York, NY: Cambridge Univer-

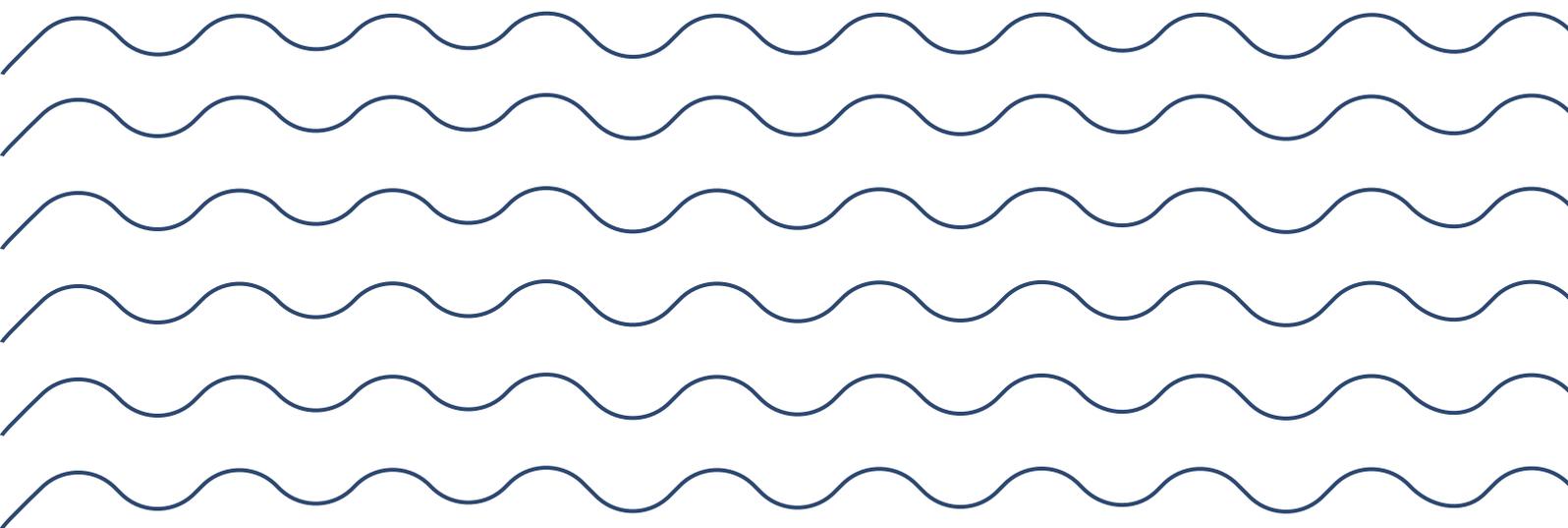
sity Press, 2014 b. E-book. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>. Acesso em: 17 jun. 2021.

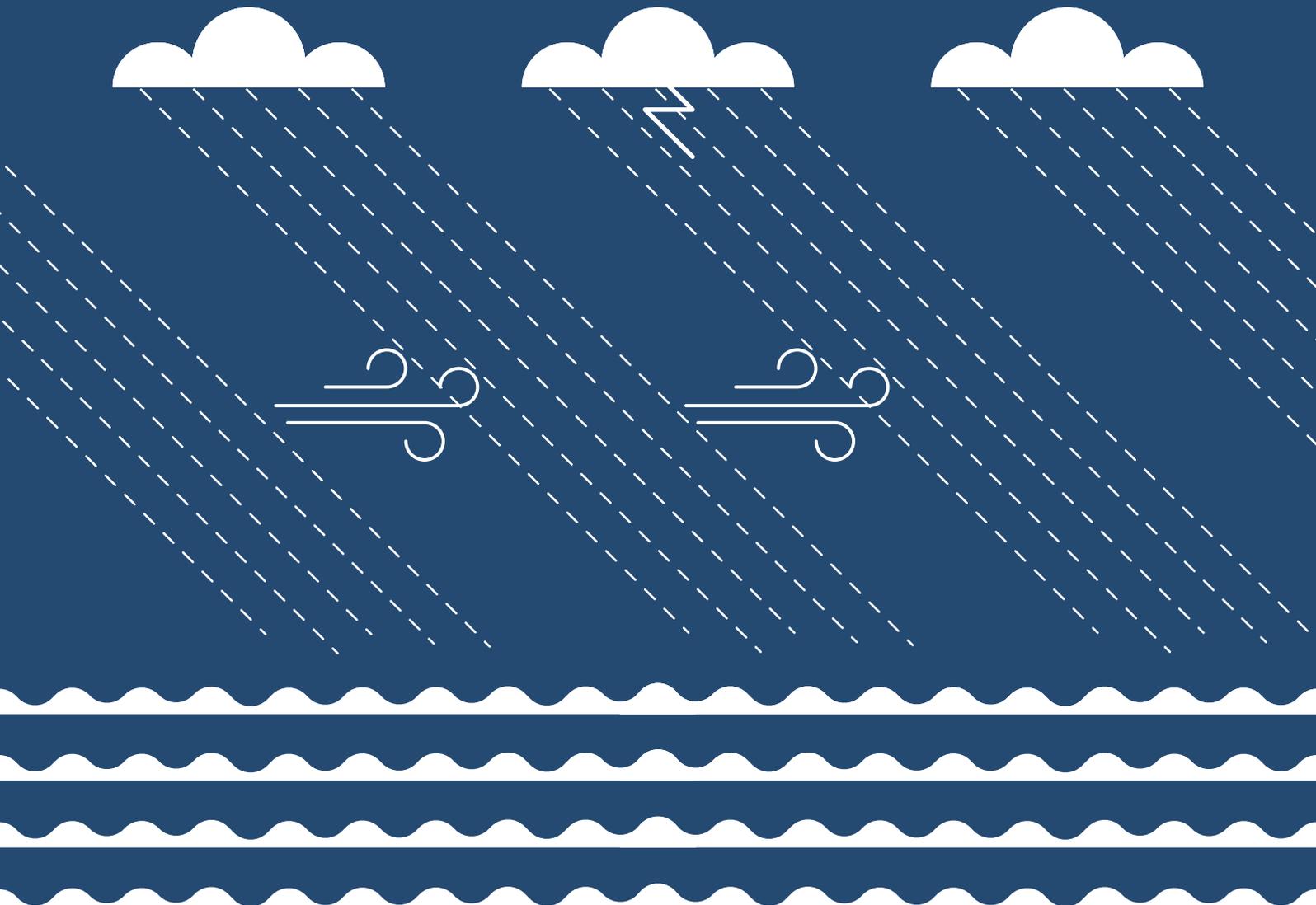
MCEVOY, D.; MULLETT, J. **Enhancing the resilience of seaports to a changing climate: research synthesis and implications for policy and practice. Enhancing the resilience of seaports to a changing climate report series.**: Enhancing the resilience of seaports to a changing climate report series. [S. l.]: National Climate Change Adaptation Research Facility, NCCARF, 2013. Disponível em: http://www.nccarf.edu.au/sites/default/files/attached_files_publications/Final-report-Climate-resilient-ports-series-Synthesis-WEB_0.pdf.

NG, K. Y. A.; BECKER, A.; CAHOON, S.; CHEN, S.-L.; EARL, P.; YANG, Z. (org.). Time to act: The criticality of ports in adapting to the impacts posed by climate change. In: **Climate change and adaptation planning for ports**. New York: Routledge, 2016. (Routledge studies in transport analysis).p. 285.

NOBRE, C.; MARENGO, J. **Mudanças Climáticas em Rede: Um olhar interdisciplinar**. 1. ed. São José dos Campos, SP: Canal 6, 2017. E-book. Disponível em: https://mudarfuturo.fea.usp.br/wp-content/uploads/2018/02/Livro_Mudan%C3%A7as-Climaticas-em-Rede_eBook-Conflito-de-codifica%C3%A7%C3%A3o-Unicode.pdf. Acesso em: 12 abr. 2021.

SCOTT, H.; MCEVOY, D.; CHHETRI, P.; BASIC, F.; MULLETT, J. **Climate change adaptation guidelines for ports: Enhancing the resilience of seaports to a changing climate report series**. Gold Coast: [s. n.], 2013. E-book. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10462/pdf/3182>





Por encargo de:



Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear

de la República Federal de Alemania

Por medio de la:



Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



PROADAPTA | CSI
Adaptación al cambio climático



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DA
INFRAESTRUTURA

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA

