

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de
Sistemas Ambientais

Adriane Marques Pimenta

**Diagnóstico multicritério dos portos brasileiros: expansão para navios pós-
panamax e sustentabilidade**

Belo Horizonte

2025

Adriane Marques Pimenta

Diagnóstico multicritério dos portos brasileiros: expansão para navios pós-panamax e sustentabilidade

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Affonso Albuquerque Nóbrega

Coorientadora: Dra. Daniele Laura Bridi Mallmann

Coorientador: Dr. Martí Puig Duran

Belo Horizonte

2025

P644d
2025

Pimenta, Adriane Marques.

Diagnóstico multicritério dos portos brasileiros [manuscrito] : expansão para navios pós-Panamax e sustentabilidade / Adriane Marques Pimenta. – 2025.
155 f., enc. il. (principalmente color.)

Orientador: Rodrigo Affonso Albuquerque Nóbrega.

Co-orientadora: Daniele Laura Bridi Mallmann.

Co-orientador: Martí Puig Duran.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2025.

Bibliografia: f. 144-155.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Portos – Brasil – Teses. 3. Áreas portuárias – Brasil – Teses. 4. Gestão ambiental – Teses. 5. Geotécnica marinha – Teses. I. Nóbrega, Rodrigo Affonso de Albuquerque. II. Mallmann, Daniele Laura Bridi. III. Puig Duran, Martí. IV. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. V. Título.

CDU: 911.2:519.6(815)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

DIAGNÓSTICO MULTICRITÉRIO DOS PORTOS BRASILEIROS: EXPANSÃO PARA NAVIOS PÓS-PANAMAX E SUSTENTABILIDADE

ADRIANE MARQUES PIMENTA

Tese de Doutorado defendida e aprovada, no dia **dez de junho de dois mil e vinte cinco**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Prof^a. Rosa Maria Darbra Roman

Universitat Politècnica de Catalunya

Prof^a. Bruna Renata Cavalcante de Barros

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT

Prof. Newton Narciso Pereira

Universidade Federal Fluminense

Prof. Marcelo Antonio Nero

Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega - Orientador

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 11 de junho de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Newton Narciso Pereira, Usuário Externo**, em 11/06/2025, às 19:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rosa Maria Darbra Roman, Usuária Externa**, em 12/06/2025, às 05:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruna Renata Cavalcante de Barros, Usuário Externo**, em 12/06/2025, às 10:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Affonso de Albuquerque Nobrega, Professor do Magistério Superior**, em 13/06/2025, às 12:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Antonio Nero, Professor do Magistério Superior**, em 13/06/2025, às 14:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4293542** e o código CRC **BBDE618D**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado uma jornada inesperada e incrível que foi este doutorado. Ao Rodrigo Nóbrega inspirador, criador, incentivador e estimulador de sonhos.

Agradeço também a Dani pelo incentivo, apoio e por contribuir para que eu conseguisse a bolsa sanduíche mesmo que ela não tenha conseguido.

À minha família por estar sempre torcendo e comemorando minhas vitórias comigo. Em especial à minha irmã Victória, por ter me dado todo o suporte que precisei nestes anos.

Ao meu marido que faz parte da reviravolta incrível que minha vida deu neste período e graças a ele consegui meu visto a tempo de viajar.

Ao amor da minha vida, Frida, a minha fiel escudeira Pretinha e a doidinha da Pérola que viraram estrelinhas neste tempo, a parte mais difícil e dolorida desta caminhada e a Canela, Dobi, Gata e Gatinha que foram meu consolo.

Aos meus colegas de trabalho, especialmente ao Jefferson que me ajudou na parte do geoprocessamento, à Simone que sempre me incentivou e me deu suporte e a Juciarina com seu amor e sua ternura que nem existem mais no mundo. Minha gratidão a vocês vai muito além deste doutorado.

Às minhas professoras de espanhol e inglês que me ajudaram a passar nas provas de proficiência. Aos meus colegas do krav maga que torceram e comemoraram comigo.

A turma de 2002, origem e ponto de partida do meu caminhar até aqui.

Aos meus colegas de doutorado que mesmo a distância foi tão importante para superar os desafios do início do doutorado, em especial a Ana Carolina, a Érica, a Bruna e a Cacau.

Às amigas mais incríveis que alguém poderia ter: A Fê e a Rá que foram me ver duas vezes na Espanha, às Luluzinhas, à APC e as amigas de Brasília que me acompanham onde quer que eu esteja.

A todos da Universidade Politécnic da Catalunha que me receberam com tanto carinho e fizeram eu me sentir em casa, especialmente, à Rosa e ao Martí meus mentores diretos.

“Ser capitã desse mundo Poder rodar sem fronteiras Viver um ano em segundos Não achar sonhos besteira Me encantar com um livro Que fale sobre vaidade Quando mentir for preciso Poder falar a verdade”
(Mayra Correa, 2010)

RESUMO

Esta pesquisa integra três linhas de trabalho com o foco de vislumbrar um panorama da situação dos portos brasileiros frente aos novos desafios da navegação moderna com a ampliação dos navios devido à economia de escala. O primeiro passo foi desenvolver critérios para avaliar a infraestrutura e possibilidade de amplitude e modernização dos portos nacionais. Foram desenvolvidos 5 critérios que avaliaram a infraestrutura quanto as limitações de calado máximo, possibilidade de expansão em terra, frequência de dragagens, disponibilidade de meios de transporte para fluxo da carga e facilidade de acesso dos navios ao porto. A segunda abordagem analisou se os portos mais bem ranqueados na aplicação de critérios também têm este mesmo desempenho em relação à gestão ambiental e implantação dos programas ambientais. Para isso, utilizou-se o Índice de Desempenho Ambiental (IDA) desenvolvido e aplicado pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). Por fim, foi elaborada uma proposta inicial de metodologia na aplicação de geoprocessamento e álgebra de mapas para identificar áreas de maior aptidão para implantação de portos adequados e preparados para receber navios de classe pós- Panamax. Como resultados, a aplicação dos critérios identificou que dos 210 portos e terminais nacionais analisados, 58 indicam maior possibilidade de, com adequações de modernização, receber e operar navios pós Panamax. No entanto, o desempenho da infraestrutura não é acompanhado com o mesmo interesse para a implantação de programas ambientais, e foi observado que programas que demandam maior investimento financeiro com pouco retorno são os que apresentam maior dificuldade de implantação. Como exemplo de indicadores com os piores desempenhos pode-se citar a geração de energia limpa e renovável e o fornecimento de energia para os navios. Além disso, os indicadores que são obrigatórios por força da lei, ou que apresentam alguma vantagem operacional, são os mais aplicados nos portos a exemplo do licenciamento ambiental dos portos. Quanto a proposta de metodologia para identificação de áreas aptas a receber navios pós-Panamax, foram identificadas 11 áreas ao longo da costa sendo que destas, duas coincidem com áreas onde já há portos ranqueados como indicados a modernização, que foram os portos de Tubarão, Portocel, Barra do Riacho e estaleiro Jurong. Os litorais dos estados de São Paulo e Paraná foram os que apresentaram a maior restrição para instalação de novos portos. A investigação é pioneira e está alinhada à Agenda 2030 satisfazendo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 7 - energia limpa e sustentável e 14 - vida na água. Contudo, considerando a crescente participação do Brasil no comércio exterior, e que há

10 anos o IDA não passa por adaptações e adaptações compatíveis ao cenário internacional, cria-se a partir dos resultados aqui apresentados uma oportunidade para pesquisas futuras como a proposição de novos indicadores de desempenho ambiental contemporâneos e alinhados com as preocupações ambientais atuais e futuras.

Palavras chaves: modernização dos portos; IDA - índice de desempenho ambiental; modelagem geoespacial.

ABSTRACT

This research encompasses three investigations aimed at providing an overview of the situation of Brazilian ports in the face of the new challenges of modern navigation, driven by the expansion of ships and economies of scale. The first approach was to develop criteria to evaluate the infrastructure and the possibility of expanding and modernizing national ports. Five criteria were developed to evaluate the infrastructure in terms of maximum draft limitations, the possibility of expansion on land, the frequency of dredging, the availability of means of transport for cargo flow and the ease of access of ships to the port. The second approach analyzed whether the ports that ranked best in the application of the criteria also have the same performance in relation to environmental management and implementation of environmental programs. To this end, the Environmental Performance Index (IDA) developed and applied by Brazilian Maritime and Port Regulatory Agency (ANTAQ) was used. Finally, a geospatial multicriteria methodology based on map algebra was developed to identify feasible areas for proposing new ports that are suitable and prepared to receive post-Panamax ships. As a result, the application of the criteria identified that of the 210 national ports and terminals analyzed, 58 indicates a greater possibility of receiving and operating post-Panamax ships with modernization adjustments. However, the performance of the infrastructure is not monitored with the same interest for the implementation of environmental programs, and it was observed that programs that require greater financial investment with little return are those that present the greatest difficulty in implementation. Examples of indicators with the worst performance include the generation of clean and renewable energy and the supply of energy to ships. In addition, the indicators that are mandatory by law or that present some operational advantages are the ones most applied in ports, such as environmental licensing of ports. Regarding the proposed methodology for identifying areas suitable for receiving post-Panamax ships, 11 areas were identified along the coast, of which two coincide with areas where there are already ports classified as suitable for modernization, namely the ports of Tubarão, Portocel, Barra do Riacho and Jurong shipyard. Findings also demonstrated the shoreline of the states of São Paulo and Paraná presents the highest repulsion for the new ports. This is a pioneering research project that is aligned with the 2030 Agenda, meeting Sustainable Development Goals 7 - clean and sustainable energy and 14 - life below water. However, considering Brazil is growing participation in foreign trade, and that the IDA has not undergone adaptations and adjustments compatible with the international scenario for 10

years, the results presented here create an opportunity for future research, such as the proposal of new contemporary environmental performance indicators aligned with current and future environmental concerns.

Key words: ports modernization; IDA - environmental performance index; geospatial modeling.

RESUMEN

Para desarrollar esta investigación se trazaron tres líneas de trabajo con el objetivo de vislumbrar un panorama de la situación de los puertos brasileños frente a los nuevos desafíos de la navegación moderna con la expansión de los barcos debido a las economías de escala. Para ello, el primer paso fue establecer criterios para evaluar la infraestructura con la posibilidad de ampliar y modernizar los puertos nacionales. Se desarrollaron cinco criterios para evaluar la infraestructura en términos de limitaciones de calado máximo, posibilidad de ampliación del área en tierra, frecuencia de dragado, disponibilidad de medios de transporte para el flujo de carga y facilidad de acceso de los buques al puerto. El segundo enfoque analizó si los puertos mejor posicionados, en la aplicación de criterios, también tienen el mismo desempeño con relación a la gestión ambiental y la implementación de programas ambientales. Para este propósito se utilizó el Índice de Desempeño Ambiental - IDA, desarrollado y aplicado por ANTAQ. Finalmente, se elaboró una propuesta inicial de una metodología para aplicar geoprocésamiento y álgebra de mapas para identificar zonas más propicias para la implementación de puertos aptos y preparados para recibir buques post-Panamax. Como resultado, la aplicación de los criterios identificó que: de los 210 puertos y terminales nacionales verificados, 58 indican una mayor posibilidad de, con ajustes de modernización, recibir y operar buques post-Panamax. Sin embargo, el desempeño de la infraestructura no es monitoreado con el mismo interés para la implementación de programas ambientales y se observó que los programas que demandan mayor inversión financiera con poco retorno, son los que presentan mayor dificultad en su implementación. Como ejemplos de indicadores con peor desempeño tenemos la generación de energía limpia y renovable y el suministro de combustibles a los buques. Además, los indicadores que son obligatorios por ley o que presentan alguna ventaja operativa son los más aplicados en los puertos, como por ejemplo el licenciamiento ambiental de los mismos. En cuanto a la metodología propuesta para identificar áreas aptas para recibir buques post-Panamax, se identificaron 11 áreas a lo largo del litoral, de las cuales dos coinciden con áreas donde ya existen puertos clasificados como aptos para modernización, los puertos son: Tubarão, Portocel, Barra do Riacho y el astillero Jurong. Las costas de São Paulo y Paraná fueron las que presentaron mayor frecuencia de áreas de repulsión para la instalación de nuevos puertos. La investigación es pionera y está alineada con la Agenda 2030, cumpliendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible 7 - energía limpia y sostenible y 14 - vida submarina. Por otro lado, considerando

la creciente participación de Brasil en el comercio exterior, y que desde hace 10 años el IDA no sufre adaptaciones ni ajustes compatibles con el escenario internacional, los resultados de este trabajo crean una oportunidad para futuras investigaciones, como la propuesta de nuevos indicadores de desempeño ambiental contemporáneos alineados con las preocupaciones ambientales actuales y futuras.

Palabras clave: modernización portuaria; IDA - índice de desempeño ambiental; modelación geoespacial.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização dos portos brasileiros.	24
Figura 2 - Estrutura do IDA.	47
Figura 3 - Comparação entre um navio Panamax e pós-Panamax.	51
Figura 4 – Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa.	60
Figura 5 - Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa.....	69
Figura 6 – Vista preliminar da área em torno do porto de São Sebastião e Terminal Aquaviário de São Sebastião em São Paulo utilizando o plugin Quick Map Service do QGIS.	69
Figura 7 - Mapa de uso do solo do Mapbiomas (2023).	70
Figura 8 - Mapa de Unidades de Conservação do Brasil.	71
Figura 9 – Vista preliminar da área no entorno do Terminal Marítimo Inácio Barbosa (Barra dos Coqueiros/SE) utilizando o plugin Quick Map Service do QGIS.	72
Figura 10 - Mapa de uso do solo segundo Mapbiomas (2023).	73
Figura 11 - Vista preliminar da área do entorno do porto de Imbituba em Santa Catarina.	74
Figura 12 – Mapa de uso do solo do Mapbiomas (2023).	74
Figura 13 – Vista da área de acesso ao porto de Itapoá (Itapoá/SC).	75
Figura 14 – Vista do acesso ao porto de Santana (Santana/AP) escala menor para ilustrar o complexo sistema insular da região.	76
Figura 15 - Localização de alguns portos fluviais no interior do Brasil.	77
Figura 16 - Exemplo da aplicação do critério de infraestrutura de transporte.	78
Figura 17 - Movimentação anual dos portos do Brasil (milhões de toneladas por ano).	78
Figura 18 - Característica geográfica dos portos brasileiros.	79
Figura 19 - Distribuição dos portos por região.	79
Figura 20 - Tipologia do uso do solo no entorno dos portos brasileiros.	80
Figura 21 - Calado dos navios operado nos portos brasileiros.	80
Figura 22 – Fluxo das etapas da modelagem utilizando álgebra de mapas.	83
Figura 23 - Delimitação da área de estudo.	87
Figura 24 - Diagrama de classes do cenário utilizado no estudo.	87
Figura 25 - Exemplo de operações em geoprocessamento utilizadas no processo de modelagem geográfica. SCR: ESPG: 5880 - SIRGAS 2000/Brazil Policônico.	89
Figura 26 - Resultados relativos ao total de portos quanto ao calado dos navios operados em cada porto.	90
Figura 27 - Resultados relativos ao total de portos quanto à disponibilidade de expansão por terra.	91
Figura 28 - Resultados relativos ao total de portos com necessidade de dragagens.	91
Figura 29 - Resultados relativos ao total de portos quanto a acessibilidade por água.	92
Figura 30 - Modos de transporte por terra e água.	93
Figura 31 - Mapa com os portos selecionados.	102
Figura 32 - Localização dos portos selecionados.	103
Figura 33 - Distribuição dos portos selecionados por região.	103
Figura 34 - Distribuição dos portos selecionados por uso do solo.	104
Figura 35 - Distribuição dos portos selecionados por classes de calado.	104
Figura 36 - Variação do IDA ao longo dos anos.	106
Figura 37 – Variação do IDA por porto no ano de 2023.	107
Figura 38 - Resultado da regressão entre a média geral do IDA e a nota obtida com a aplicação do critério.	108
Figura 39 - Resultado da regressão entre o resultado do IDA em 2023 e a nota obtida com a aplicação do critério.	108
Figura 40 - Variação do IDA relacionado ao uso do solo.	109
Figura 41 - Variação do IDA distribuídos por regiões.	110
Figura 42 - Variação do IDA de acordo com o calado (m) operado.	111
Figura 43 - Variação do IDA de acordo com a localização.	112
Figura 44 - Variação dos indicadores econômico-operacional ao longo dos anos por parâmetro.	116
Figura 45 - Variação dos indicadores econômico-operacional ao longo dos anos por parâmetro.	116

Figura 46 - Variação dos indicadores econômico-operacional ao longo dos anos por parâmetro.	117
Figura 47 - Variação dos indicadores econômico-operacional ao longo dos anos por parâmetro.	117
Figura 48 - Variação dos indicadores econômico-operacional ao longo dos anos por parâmetro.	118
Figura 49 - Variação dos indicadores econômico-operacional ao longo dos anos por parâmetro.	118
Figura 50 - Variação dos indicadores sociocultural ao longo dos anos por parâmetro.	119
Figura 51 - Variação dos indicadores físico-químicos ao longo dos anos por parâmetro.	119
Figura 52 - Variação dos indicadores biológico-ecológico ao longo dos anos por parâmetro.	120
Figura 53 - Vista do resultado geral para a costa brasileira.	124
Figura 54 - Vista aérea do primeiro ponto com maior aptidão (Barra do Riacho/ES).	125
Figura 55 - Vista do primeiro ponto com maior aptidão (Vitória/ES).	126
Figura 56 - Vista do segundo ponto com maior aptidão (Nova Guarapari/ES).	127
Figura 57 - Vista dos três pontos de maior aptidão localizados entre Jaconé e Saquarema/RJ.....	128
Figura 58 - Vista dos dois pontos de maior aptidão localizados nos municípios de Araçá e Bombinhas/SC.....	129
Figura 59 - Vista do ponto de maior aptidão localizado em Balneário Rincão/SC.....	130
Figura 60 - Vista dos pontos de maior aptidão localizado em Arroio do Sal/RS.....	131

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - As 10 principais prioridades ambientais do setor portuário europeu ao longo dos anos. (Fonte: ESPO, 2024.).	29
Tabela 2 - Indicadores ambientais que compõem o IDA (Fonte: ANTAQ, 2021).	47
Tabela 3 - Materiais utilizados no desenvolvimento da pesquisa.	59
Tabela 4 - Ferramentas estatísticas e matemáticas para obtenção dos resultados.	61
Tabela 5 - Descrição da pontuação aplicada para cada critério.	63
Tabela 6 - Fontes de informação sobre a profundidade e execução de dragagem dos portos.	64
Tabela 7 - Possibilidade de respostas do IDA e o equivalente adotado.	82
Tabela 8 - Exemplo de aplicação da fórmula.	82
Tabela 9 - Classes utilizadas no modelo, tratamento dos dados e pesos de cada variável.	84
Tabela 10 - Resultado obtido para cada critério aplicado e resultado geral. Em verde destaca-se os portos selecionados no estudo.	94
Tabela 11 - Resultados do IDA para a categoria econômica-operacional para os anos de entre 2017 e 2023. Em azul destaca-se os indicadores que são apresentados apenas pelos portos organizados.	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AAP – Agenda Ambiental Portuária
- AAPA - American Association of Ports Authorities
- AHP - Analytic Hierarchy Process
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
- ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários
- CADE - Conselho Administrativo de Defesa Econômica
- CEFTRU - Centro Interdisciplinar de Estudos em Transportes da Universidade Federal de Brasília
- CFC - Clorofluorcarbono
- CIRM - Comissão Interministerial para Recursos do Mar
- Conama - Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CSR - Centro de Sensoriamento Remoto
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- DWT - Deadweight Tonnage (tonelagem de peso morto)
- EMAS - Eco-management and Audit Scheme
- EPI - Environmental Performance Indicator
- ESPO - European Sea Ports Organization
- FAHP - Fuzzy Analytic Hierarchy Process
- FIESC - Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina
- GHG - Greenhouse gas (gases de efeito estufa)
- GNL - Gás Natural Liquefeito
- GRI - Global Reporting Initiative
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICMS - Imposto sobre circulação de mercadorias e bens
- IDA - Índice de Desempenho Ambiental
- IMO - International Maritime Organization
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- ISO - International Organization of Standardization
- KPI - Key Performance Indicator
- LOA - Length Overall (comprimento total)
- MMA - Ministério do Meio Ambiente

MW - Megawatts
ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OECD - Organization for Economic Co-operation and Development
OJC - Observatório de Justiça e Conservação
PAC - Programa de Aceleração do Crescimento
PAEI - Port Authority Environmental Index
PEI - Port Environmental Index
PEPI - Port Environmental Performance Index
PERS - Port Environmental Review System
PIB - Produto Interno Bruto
PND – Plano Nacional de Dragagens
PPI – Port Performance Indicator
PPRISM – Port Performance Indicators: Selection and Measurement
SEI – Ship Environmental Index
SEPPR – Secretaria Especial de Portos
SGA – Sistema de Gestão Ambiental
SGB – Serviço Geológico do Brasil
TCU – Tribunal de Contas da União
TEI - Terminal Environmental Index
TEU - Twenty-foot Equivalent Unit (Unidade equivalente a 20 pés)
TIG - Terminal Ilha Guaíba
TPD - Terminal de Produtos Diversos
TUP - Terminal de Uso Privado
UCs - Unidades de Conservação
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais
UFPR - Universidade Federal do Paraná
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
UnB - Universidade de Brasília

1 SUMÁRIO

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	20
2 INTRODUÇÃO	22
2.1 Hipótese e questões de pesquisa.....	25
2.2 Justificativa	26
2.3 Objetivos	27
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
3.1 Impactos ambientais	29
3.1.1 Dragagens	30
3.1.2 Conflito entre porto e as cidades	33
3.1.3 Impactos na biota local.....	37
3.1.4 Formação de gases e poeira.....	39
3.2 Gestão ambiental	40
3.3 Indicadores de desempenho ambiental	42
3.3.1 Indicadores de desempenho ambiental no mundo.....	42
3.3.2 Indicador de Desempenho Ambiental no Brasil - IDA	45
3.4 Ampliação dos navios	49
3.5 Limitações dos portos brasileiros	52
3.6 Geoprocessamento e Modelagem geográfica	56
4 METODOLOGIA	59
4.1 Materiais	59
4.2 Métodos	59
4.2.1 Tópico 1: Diagnóstico dos portos brasileiros candidatos potenciais a operar embarcações pós-Panamax	61
4.2.2 Tópico 2: Desempenho Ambiental dos portos brasileiros candidatos a operar embarcações pós-Panamax	80
4.2.3 Tópico 3: Mapeamento das áreas suscetíveis a implantação de portos para operar embarcações pós-Panamax	82
5 RESULTADOS.....	90
5.1 Tópico 1: Diagnóstico dos portos brasileiros candidatos potenciais a operar embarcações pós-Panamax	90
5.1.1 Aplicação dos critérios	90
5.1.2 Resultado da aplicação dos critérios.....	93
5.2 Tópico 2: Desempenho Ambiental dos portos brasileiros candidatos a operar embarcações pós-Panamax	105
5.2.1 Análise global do desempenho temporal do IDA.....	105

5.2.2 Análise do desempenho por porto no ano de 2023.....	106
5.2.3 Análise do desempenho por indicador	112
5.3 Tópico 3: Mapeamento das áreas suscetíveis a implantação de portos para operar embarcações pós-Panamax	123
6 DISCUSSÃO.....	132
7 CONCLUSÃO	140
REFERÊNCIAS.....	144

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Sou a Adriane, oceanóloga, mestre em biologia de ambientes aquáticos continentais e agora, doutora em análise e modelagem de sistemas ambientais. Já trabalhei com pesca de camarão, biologia reprodutiva de caranguejo, qualidade de água em hidrelétricas, gestão ambiental em obras de duplicação de rodovias e agora com portos. Quem procurar por Pimenta et. al. Pode ficar um pouco confuso. Sou gaúcha de Porto Alegre e depois de uma vida cigana, finquei minhas raízes em Brasília.

Quando terminei o mestrado, pensei que nunca faria o doutorado. Primeiro porque não pensava em seguir a vida acadêmica e segundo porque foi muito pesado fazer o mestrado em uma cidade e trabalhar e morar em outra. Na verdade, nem o mestrado eu pensava fazer, mas a vida a gente só acha que controla.

Estava trabalhando há 10 anos em uma empresa com gestão ambiental das obras de duplicação e modernização de rodovias. Gostava muito do trabalho que exercia, mas depois de tanto tempo fazendo a mesma coisa eu já estava um pouco cansada. Além disso, minha tão sonhada profissão – oceanologia (que sonhava em seguir desde a infância) – havia se resumido em alguns esporádicos relatórios de qualidade da água dos rios interceptados pela rodovia, sem nenhuma dose de desafio.

Foi nesta época, por volta de 2019, que em um evento do DNIT assisti uma palestra do professor Rodrigo Nóbrega e me encantei pelo trabalho. Já havia passado 10 anos da finalização do mestrado e pela primeira vez “meu olho brilhou” e pensei: que genial esse trabalho, quero fazer isso!

Começamos a conversar e o Rodrigo, sempre muito perspicaz, conseguiu ir além do que eu havia planejado. Nos meus planos, eu queria aprender o que ele fazia e continuar aplicando para rodovias. Porém, em nossa primeira conversa, já no intuito de materializar minha candidatura ao doutorado, Rodrigo me pergunta qual a minha formação. Eu respondi que sou oceanóloga e ele muito sabiamente me diz: o que tu achas de trabalharmos com portos? Ainda lembro o frio na barriga e a empolgação que eu senti neste momento, ia finalmente voltar com tudo para a minha tão amada formação. O Rodrigo ainda tem o dom de me empolgar e reanimar a cada conversa.

Mas a mudança na minha vida não parou por aí. Sempre sonhei em morar um tempo fora do país, aprender uma nova língua e surge a possibilidade de uma bolsa sanduíche e por

uma ironia do destino (ou do google) encontrei a professora Rosa Mari Darbra em Barcelona para me orientar em meu trabalho. Este foi o outro divisor de água na minha vida. Viver em Barcelona, aprender com a Rosa e Martí, a mudança incrível que fizeram na minha pesquisa, o apoio que me deram e a convivência incrível que tive com o pessoal da UPC foi outro sonho incrível realizado.

Como mais uma casualidade do destino, tive que aprender espanhol para ir à Barcelona e em seguida conheci meu marido cubano e graças a isso, a língua não é uma barreira de comunicação entre mim e a família dele.

Então, em vários aspectos, nunca imaginei o quanto este doutorado iria modificar a minha vida, indo muito além da questão profissional.

2 INTRODUÇÃO

A importância dos portos para o comércio e o desenvolvimento econômico de um país é inegável. Portos são infraestruturas importantes para o desenvolvimento e crescimento econômico e apresentam valor estratégico para as nações, atuando como portões para o comércio (Puig *et al.*, 2022). Os portos são nós de um sistema comercial podendo ser competitivos ou complementares. Eles usam vantagens como localização, custo e produtividade para atrair ou reter navios (Notteboom *et al.*, 2022). Portos, assim como aeroportos, são infraestruturas de transportes que operam em conjunto, consolidando nós logísticos entre localidades de origem e destino de bens e pessoas (Costa *et al.*, 2022) posto que comércio internacional e a troca de bens e *commodities* são essenciais para a melhora na qualidade de vida humana em todo mundo. Conseqüentemente, sem navios, a importação e exportação de bens na escala necessária para atender o mundo moderno não seria possível (Puig, 2016).

No Brasil, que há décadas figura entre as principais economias do mundo (Máximo, 2023) não é diferente, os portos brasileiros são responsáveis pelo escoamento de mais de 95% das exportações e mais de 90% das importações (CADE, 2017). Somente no ano de 2023 movimentou 1303,7 bilhões de toneladas (ANTAQ, 2024a) e, portanto, são considerados como *players* catalisadores do processo de desenvolvimento econômico e social. Em 2024 os portos brasileiros registraram a maior movimentação da história com 1,32 bilhão de toneladas (Ministério dos Portos e Aeroportos, 2025a).

A história da infraestrutura portuária brasileira remonta ao tempo do Brasil colônia. Muitas cidades começaram como pontos de comércio, com o porto como interface natural entre a terra e as vias navegáveis, permitindo que pequenos vilarejos litorâneos ou ribeirinhos se tornassem cidades, impulsionando o desenvolvimento urbano, graças a prosperidade trazida pelas trocas comerciais (Clementino, 2017). Uma análise apurada sobre a evolução histórica dos portos brasileiros revela que eles foram, em sua grande maioria, agentes indutores de crescimento urbano no entorno em que surgiram (Ornelas, 2008).

No entanto, no decorrer do século XX ocorreram mudanças como: a modernização dos portos, o crescimento industrial e transformações nas tecnologias e equipamentos portuários, de modo que os portos seguiram buscando sua expansão territorial. No final deste período, a relação cidade e porto sofreu uma ruptura e os portos passaram a se deslocar para locais

afastados em busca de condições para sua expansão (Carvalho *et al.*, 2020). Contribuíram para isso também os avanços da engenharia naval, o aumento da capacidade dos navios e da consequente necessidade de maiores profundidades, a introdução de novos métodos e tecnologias de manuseio de cargas e a própria dinâmica do mercado (Clementino, 2017).

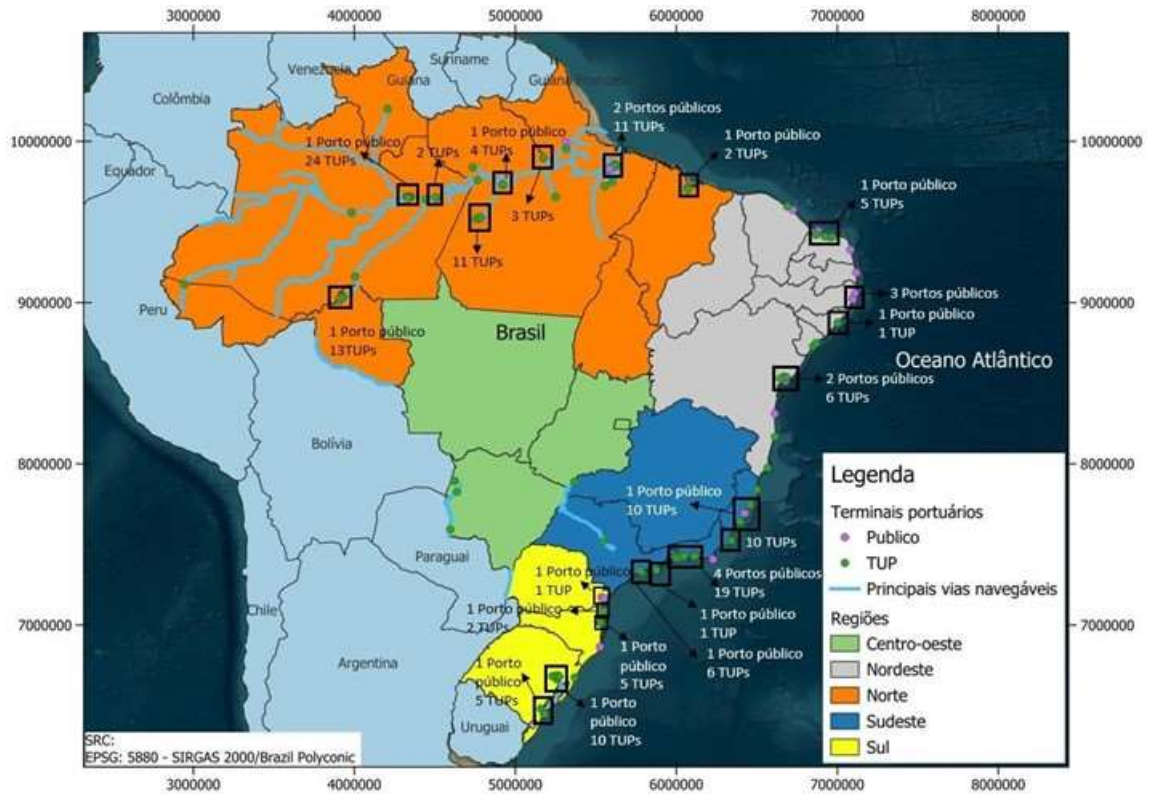
Além disso, o desenvolvimento do mercado mundial de *commodities* consolidou a busca pela economia de escala e isso impôs padrões cada vez mais exigentes às instalações portuárias, sobretudo calados mais profundos e acessos terrestres apropriados (Cordeiro *et al.*, 2020). A fase de especialização envolveu a construção de píeres e a ampliação das áreas de armazenamento (Ornelas, 2008). O transporte superou as atividades comerciais e as cargas não têm, necessariamente, como origem ou destino a região portuária, mas atendem às zonas industriais de sua hinterlândia terrestre, que pode estar muito distante fisicamente (Cordeiro *et al.*, 2020). A integração de linhas férreas aos terminais portuários permitiu o acesso a uma vasta hinterlândia (área de influência do porto) com um crescimento proporcional do tráfego marítimo (Cordeiro *et al.*, 2020). Como exemplo, cita-se a hinterlândia do porto de Santos que abrange os Estados de São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, partes de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná e Mato Grosso (Ornelas, 2008). Costa *et al.* (2022) demonstrou, entretanto, que a falta de infraestrutura de transporte terrestre não oferece alternativas viáveis para escoar *commodities* para portos próximos e Ornelas (2008) que a construção de ferrovias exclusivas para o porto de Santos causou um verdadeiro colapso nos demais portos litorâneos, deixando Santos como monopolizador de todo o tráfego.

A Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ é uma organização que integra a Administração Pública Federal indireta e atua no modo aquaviário. Foi criada pela Lei nº 10.233 de 2001 (BRASIL, 2001) e está vinculada ao Ministério de Portos e Aeroportos - MPA. A ANTAQ tem por finalidade implementar as políticas formuladas pelo Ministério de Portos e Aeroportos, segundo os princípios e diretrizes estabelecidos na legislação. Foi criada para regular, supervisionar e fiscalizar as atividades relacionadas à prestação de serviços de transporte aquaviário e de exploração da infraestrutura aquaviária e portuária. Abrange os subsetores portuário, de navegação marítima e de apoio e de navegação interior (ANTAQ, 2023b).

Segundo do painel estatístico da ANTAQ (ANTAQ, 2023a), consultado em 2023, e utilizado como fonte de pesquisa para este estudo, o setor brasileiro é composto por 35 portos públicos e 175 Terminais de Uso Privado (TUPs) (Figura 1). Os portos organizados estão definidos pela Lei nº 12.814/2013 como sendo um “bem público construído e aparelhado para

atender a necessidade de navegação, de movimentação de passageiros ou de movimentação e armazenagem de mercadorias, e cujo tráfego e operações portuárias estejam sob jurisdição de autoridade portuária” (BRASIL, 2013). Os TUPS são terminais de uso privados de um tipo ou uma categoria de carga sendo altamente especializados.

Figura 1 - Localização dos portos brasileiros.



Fonte: Painel estatístico da ANTAQ, 2023a. Fonte: Elaboração própria.

Embora a atividade portuária seja relevante e importante para a economia, ela traz consequências negativas ao meio ambiente. Pode-se destacar impactos ambientais, pressão antrópica, conflitos sociais, influência econômica/cultural da população local (Silva et al., 2005, Porto e Teixeira, 2002, Tichavska & Tovar, 2015, Široka et al., 2021 e Notteboom et al., 2022).

Segundo informações da FIESC (2024), uma das limitações expressivas que o Brasil sofre para ampliar seu comércio internacional é a atual capacidade dos portos brasileiros em movimentar contêineres. Segundo este estudo, os portos brasileiros estão em média 15 anos defasados e atrasados em 6 gerações em relação aos navios hoje disponíveis. Conseqüentemente, há a necessidade de se investir em novas instalações, aumentar a capacidade de armazenamento e investir em dragagens. Para Maluf (2022), o modelo de gestão das Companhias Docas, responsáveis pela gestão dos portos públicos brasileiros, também apresenta a necessidade de modernização, pois seu modelo é considerado do século

passado.

Para se readequar aos novos desafios da navegação mundial, o governo federal vem investindo na ampliação de portos como no caso do porto do Rio de Janeiro e um dos cais passou a ter a profundidade de berço de 8,5 para 13,5 metros (Agência gov, 2024). Em 2018 havia 67 processos de licenciamento ambientais de portos em análise no Ibama, sendo alguns para ampliação dos portos ou melhorias de vias de acesso para terminais de gás natural liquefeito GNL (Ministério de Minas e Energia, 2018). Há também previsão de investimentos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) para portos, principalmente para movimentações de granel, até 2026 (Oliveira, 2023). Estes trâmites indicam o interesse de modernização em todos os portos, independentemente do tipo de carga movimentada.

Neste contexto, a presente pesquisa apresenta uma caracterização da infraestrutura portuária brasileira e da gestão ambiental dos portos visando compreender qual o desafio do Brasil para adequação aos navios pós-Panamax tanto em infraestrutura como em ações em prol do meio ambiente. Apresenta também uma proposta preliminar de modelagem geoespacial para indicar áreas de maior aptidão para instalação de portos modernos preparados para receber e operar estes navios. A inovação desta pesquisa está no aproveitamento de metodologias consolidadas aplicadas em outras áreas na busca de uma adaptação para preencher a lacuna da análise e modelagem no âmbito dos portos.

2.1 Hipótese e questões de pesquisa

A primeira hipótese da pesquisa foi avaliar quais os entraves dos portos brasileiros para receber e operar navios de grande porte e se é possível realizar adaptações com o intuito de melhorar a capacidade para ampliação e modernização para receber e operar navios pós-Panamax.

Apesar do trabalho não “entrar” no mérito da logística em movimentação de cargas, a segunda hipótese da pesquisa é que os principais e mais modernos portos brasileiros estão também alinhados com práticas ambientais adequadas, bem como implementam uma gestão ambiental eficiente quantificadas pelos indicadores ambientais, além da preocupação dos conflitos entre porto e cidade.

Por fim, a terceira hipótese é que existe na costa brasileira áreas capazes de satisfazer as exigências legais e físicas para operar embarcações da classe pós-Panamax. A busca destas áreas representam um desafio, pois, apesar de o Ministério de Portos e Aeroportos anunciar

registros históricos de investimentos que podem chegar a 50 bilhões de reais até 2026 para o setor (Ministério de Portos e Aeroportos, 2025b), há limitações por espaço considerando que 54,8% da população brasileira vive em uma faixa de território que inclui domicílios a uma distância máxima de 150 quilômetros da costa segundo censo do IBGE (2022) (Agência Brasil, 2024) e 27,8% da área marinha e costeira brasileira serem protegidas por 739 unidades de conservação (Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2021).

A pesquisa teve como primeiro desafio ordenar os 210 portos do território brasileiro (fluviais e marítimos) para posterior estudo de gestão ambiental e adequação ao recebimento de grandes navios. Para tanto faz-se necessário responder as seguintes questões:

- Aplicando um ordenamento dos portos baseado em critérios operacionais e logísticos, quais os portos apresentam melhor desempenho?
- O desempenho ambiental acompanha a melhor classificação dos portos?
- Em uma busca exploratória inicial, quais as áreas são mais adequadas para construir portos capazes de receber e operar navios pós-Panamax?
- As áreas proícias para portos capazes de receber navios pós-Panamax se enquadram nas áreas dos portos já existentes?

2.2 Justificativa

É de conhecimento geral que os portos brasileiros apresentam déficit quanto sua capacidade para receber navios de maiores dimensões, assim como há dificuldades para ampliação e modernização das infraestruturas portuárias neste sentido. No entanto, não foram identificados estudos que demonstrassem cientificamente e de forma geral tal deficiência dos portos.

Uma outra lacuna científica trabalhada no projeto foi a integração dos indicadores qualitativos do IDA em uma métrica quantitativa global.

Por fim, a pesquisa cobre também uma lacuna, até então existente, quanto as áreas viáveis para operação portuária de navios de categoria pós-Panamax em território nacional.

O trabalho dialoga com as três linhas de pesquisa do Programa:

- Análise de Recursos Ambientais, ao examinar os indicadores ambientais e na classificação dos portos quando ao Índice de Desempenho Ambiental;

- Modelagem de Sistemas Ambientais, na busca por áreas propícias para instalação de portos capazes de receber e operar navios pós-Panamax;
- Gestão da Paisagem, no apontamento de políticas públicas na gestão ambiental portuária.

A inserção social da pesquisa está presente tanto na consideração de variáveis de cunho socioeconômico nos modelos e análises geográficas, como no diálogo direto com a agência reguladora e as autoridades de transporte e meio ambiente.

Quanto a aderência da Agenda 2030, a presente pesquisa corrobora com a gestão ambiental dos portos, que segundo Cutrim (2023), está diretamente relacionada com os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS):

- ODS 7 – Energia limpa e acessível,
- ODS 14 – vida na água.

2.3 Objetivos

Apesar de o Brasil apresentar um número expressivo de portos (quando comparado com outros países) percebe-se que os portos brasileiros são antigos e encontram-se em defasagem frente à nova realidade de construção e operação de navios cada vez maiores e com capacidade de transporte de imensos volumes de carga. Desta forma, esta pesquisa visa responder a três perguntas:

- Quais os entraves dos portos brasileiros para receber e operar navios de grande porte e como contornar estes entraves para modernizá-los e torná-los mais competitivos?
- Considerando que já há uma forte demanda por dragagens para garantir a segurança nos canais de acesso aos portos, a pressão cada vez maior em atender às exigências ambientais por parte de um mercado consumidor/comprador mais atento a estas questões e os conflitos sociais entre as cidades e os portos com sua busca na melhoria da imagem junto às comunidades vizinhas, os problemas de congestionamentos e os conflitos de uso entre populações tradicionais e os portos, como é possível contornar estas disputas já existentes e ainda ampliar a capacidade de operação?
- Neste sentido, esta pesquisa visa também buscar quais os portos brasileiros têm condições para expansão e modernização, quais os portos que se encontram no limite

de operação e quais seriam as áreas mais apropriadas para a implantação de um porto capaz de operar navios pós Panamax que gere menos conflitos ambientais e sociais?

	1996	2004	2009	2013	2019	2020	2021	2022	2023
5	Poeira	Ruídos	Deposição da dragagem	Resíduos dos navios	Relação com a comunidade local	Relação com a comunidade local	Relação com a comunidade e local	Qualidade da água	Qualidade da água
6	Desenvolvimento portuário (relacionado à terra)	Qualidade do ar	Relação com a comunidade local	Relação com a comunidade local	Resíduos dos navios	Resíduos dos navios	Qualidade da água	Relação com a comunidade local	Resíduos dos navios
7	Terra contaminada	Cargas perigosas	Consumo de energia	Operações de dragagem	Lixo/resíduos portuários	Qualidade da água	Resíduo dos navios	Resíduo dos navios	Relação com a comunidade local
8	Perda de habitat/degradação	Abastecimento	Poeira	Poeira	Desenvolvimento portuário (relacionado à terra)	Lixo/resíduos portuários	Operações de dragagem	Lixo/resíduos portuários	Desenvolvimento portuário (relacionado à terra)
9	Volume de tráfego	Desenvolvimento portuário (relacionado à terra)	Desenvolvimento portuário (relacionado à água)	Desenvolvimento portuário (relacionado à terra)	Operações de dragagem	Operações de dragagem	Desenvolvimento portuário (relacionado à terra)	Desenvolvimento portuário (relacionado à terra)	Lixo/resíduos portuários
10	Efluente industrial	Descarga dos navios (porão)	Desenvolvimento portuário (relacionado à terra)	Qualidade da água	Qualidade da água	Desenvolvimento portuário (relacionado à terra)	Lixo/resíduos portuários	Operações de dragagem	Desenvolvimento portuário (relacionado à água)

3.1.1 Dragagens

Como visualizado na Tabela 1, a execução de dragagens sempre esteve presente como uma preocupação ambiental na operação dos portos seja ela a operação das dragagens propriamente dita ou relacionada à deposição do material dragado. Com o desenvolvimento de navios cada vez maiores, esta vem sendo uma demanda com forte pressão nos portos brasileiros. No Brasil, a necessidade de intervenções na infraestrutura foi colocada na pauta de ações governamentais a partir de 2007, quando as condições dos portos, de um modo geral, começaram a ficar precárias, e os canais de acesso, em particular, foram considerados verdadeiros gargalos à fluidez do escoamento de cargas. A partir de então foi montada toda uma estrutura institucional consolidada na Secretaria Especial de Portos (SEPPR), vinculada à Presidência da República, que teve como finalidade precípua levar adiante a carteira de obras do denominado Programa Nacional de Dragagem – PND (Chaves, 2020).

De acordo com a Lei nº 12.815 de 2013 (BRASIL, 2013) podem ser descritos como obras de dragagem toda obra ou serviço de engenharia que consiste na limpeza, desobstrução, remoção, derrocamento ou escavação de material do fundo de rios, lagos, mares, baías e canais. Esse serviço é executado por uma draga que pode ser acoplada a uma plataforma fixa ou flutuante ou a uma embarcação específica para este fim. Esta mesma lei ressalta que neste processo é retirado o material dragado que é transferido para um local autorizado pelo órgão competente (BRASIL, 2013).

A partir desta nova realidade, foi instituído o Programa Nacional de Dragagem (PND I), instituído pela Lei nº 11.610/07, criado para propor e desenvolver soluções para reduzir os gargalos que limitam os acessos marítimos aos portos brasileiros (BRASIL, 2007) e o PND II lançado em 2012 pela Lei nº 12.815/2013 (BRASIL, 2013). Entre as limitações mais relevantes estão o assoreamento progressivo dos canais, bacias de evolução e berços de atracação nos portos que, se não dragados, podem resultar na redução do calado, insuficiência da capacidade operacional e logística dos portos para atender à crescente demanda de cargas e embarcações, altos custos de *demurrage* (multa por atrasos), aumento dos custos de fretes e seguros e perda da competitividade. Para se ter uma ideia do custo que significa as obras de dragagem, a execução deste programa previa um gasto inicial de R\$ 1.452.426.926,63 para a dragagem de 82,89 milhões de m³ nos portos de Fortaleza/CE, Natal/RN, Cabedelo/PB, Recife/PE, Suape/PE nos canais externo e interno, Salvador/BA, Aratu/BA, Rio de Janeiro/RJ, Itaguaí/RJ, Angra dos Reis/RJ, Santos/SP para dragagem e derrocagem, São Francisco do Sul/SC, Itajaí/SC, Rio Grande/RS e Vitória/ES (PND I, 2007).

Contudo, mesmo que necessária, em virtude de permitir que navios transitem sem problemas e assegurando a profundidade do canal, a dragagem causa inúmeros impactos ao meio ambiente. As obras de dragagens caracterizam-se como um relevante impacto ambiental (OECD, 2011; Porto e Teixeira, 2002; Torres, 2000), pois alteram as condições hidráulicas e sedimentológicas do escoamento com possível mudança dos padrões de circulação e mistura da água, causam variação na salinidade e turbidez, modificam as condições do local de lançamento do material dragado, poluem por substâncias tóxicas possivelmente existentes no material de dragagem, causam a suspensão e dispersão dos sedimentos durante a atividade, alteram a qualidade da água (com aumento potencial de turbidez, sólidos suspensos e dissolvidos, por exemplo) e desencadeiam impactos diretos sobre habitats da fauna e flora aquáticas associadas ao sedimento marinho e águas interiores. Ainda podem causar erosão, escorregamento, assoreamento, adensamento e inundações (Souza *et al.*, 2021a). A ação das dragas e a sucção do material geram impactos negativos de efeito direto sobre organismos e habitats. O efeito indireto ocorre com a movimentação de contaminantes e nutrientes durante a suspensão do sedimento, podendo haver alteração da qualidade e a química global do estuário (Torres, 2000).

Atualmente, já existem ações com o intuito de reduzir ou eliminar os impactos negativos das dragagens como monitoramentos, dragagens e descartes nos locais planejados, vistorias, elaboração de plano de emergência, desenvolvimento e implantação de programas

ambientais, implantação de janelas de dragagem ou janelas ambientais para evitar impactos à fauna, implantação de defletores na cabeça da draga ou braço de dragagem com o intuito de empurrar ou mover e proteger os animais, ações que minimizam os impactos potenciais das dragagens.

A maioria dos grandes portos brasileiros realiza dragagens de manutenção e/ou aprofundamento para manter a segurança das operações e, não raro, são relatados conflitos socioambientais associados. Tais conflitos podem ser ilustrados pelo Porto de Santos, onde a sedimentação demanda obras periódicas de dragagem de manutenção das profundidades navegáveis, havendo ainda disputas por espaço entre os projetos de expansão do porto e as comunidades locais (Cunha, 2006). O porto de Paranaguá também sofre com os impactos decorrentes das frequentes dragagens demandadas pelo aporte e deslocamento de sedimentos no fundo do canal (UFPR, 2021).

Problemas decorrentes da disposição de material dragado no mar também podem gerar risco à navegação, à atividade pesqueira, de turismo e lazer, com reflexo sobre aspectos culturais (Castro e Almeida, 2012). Considera-se também a possibilidade de acidentes de dutos e cabos submarinos, que podem depositar sedimento dragado contaminado em local inadequado gerando impactos negativos ao meio ambiente (Almeida, 2008). A aprovação do local de disposição é cada vez mais restrita, já que os sedimentos dragados, principalmente os resultantes da manutenção de portos, canais, rios e lagos, podem apresentar médio ou alto grau de contaminação (Castiglia, 2006, Castro e Almeida, 2012).

O porto de Santos apresenta grande aporte de sedimentos dos canais do estuário santista e demanda do porto atividade de dragagem de manutenção (Cunha, 2006). Esta necessidade fundamenta-se na busca por atrair os fluxos de mercadorias dos grandes navios e assim, o assoreamento dos canais de Santos se mostra como um problema de gestão ambiental. Um dos conflitos por espaço mais polêmicos está nos projetos de expansão portuária que se deparam com disputa de interesse pela população local residente ou comunidades pescadoras locais. Um caso clássico é o da disputa pelo uso das “águas portuárias” por uma população de pescadores tradicionais localizada em Guarujá-SP (Cunha, 2006), onde qualquer projeto de ampliação e/ou dragagem não monitorada do canal acarreta diretamente em riscos alimentares e à saúde da população ou a perda de receita de seus moradores.

O porto de Paranaguá sofre impactos devido às frequentes dragagens que ocorrem por

conta da natureza chuvosa da baía, que desloca terra e areia para o fundo do canal. Nas dragagens são transportados para oceano aberto sedimentos e organismos que vivem aderidos ao fundo e que dificilmente são capazes de sobreviver neste novo ambiente (UFPR, 2021).

Percebe-se então que a demanda por dragagem representa altos custos financeiros e ambientais para os portos.

3.1.2 Conflito entre porto e as cidades

De forma geral, a relação atual entre portos e cidades no Brasil tem se mostrado contraditória. Apesar da importância dessas infraestruturas para o nascimento e desenvolvimento das áreas urbanas no passado, na atualidade, desponta e se acirra numa relação tensionada na maior parte das cidades portuárias brasileiras. As origens históricas dos portos brasileiros estão intrinsecamente ligadas ao surgimento e crescimento dos centros urbanos (Costa *et al.*, 2022). No entanto, esta ligação evoluiu para uma contradição complexa. À medida que as populações urbanas se tornaram mais densas e se expandiram para áreas vizinhas, os portos enfrentaram o que pode ser denominado como “autofagia urbana” (Rocha, 2019).

Não existe um modelo universal e determinístico de Relação Porto-Cidade. Cada organização portuária precisa decidir qual será o seu modelo de acordo com as características de sua instalação, da sua carga, do seu fluxo de pessoas, da sua geografia, de acordo com as necessidades e desejos dos seus *stakeholders* e seus princípios e valores (Notteboom *et al.*, 2022).

O público em geral considera as áreas portuárias como desoladas, perigosas, sujas e não atrativas caracterizadas por construções de pouca estética e muitos maquinários emitindo ruídos e poluentes aéreos. Estes conceitos estão focados no potencial efeito negativo para uma comunidade local, que inclui ainda o congestionamento de rodovias, a alteração da paisagem, os ruídos, a poluição do ar e a escassez de terras (Notteboom *et al.*, 2022). Ainda, segundo o mesmo autor, um dos desafios dos portos marítimos consiste em melhorar sua imagem pública, o que pode ser feito por meio de um conjunto combinado de ações de melhoramento de imagem, entre elas com eventos e festividades para interação com o público, adoção de estratégias de portos verdes e gestão das relações entre as partes envolvidas (comunidades locais e porto) (Notteboom *et al.*, 2022).

A separação e distanciamento entre portos e cidades estão relacionados a três fatores:

- Tecnológicos: surgimento de grandes embarcações, desenvolvimento de terminais e generalização do uso de contêineres, e de métodos modernos de movimentação de cargas;
- Espacial: o tamanho dos portos modernos exige um vasto espaço de terra e água;
- Socioeconômicos: o declínio dos empregos relacionados aos portos nas cidades portuárias e as perspectivas ambientais relacionadas aos portos industriais completam os fatores (Hoyle, 1988 apud. Cutrim, 2023). Como exemplo pode-se citar que em termos de desenvolvimento econômico local, a literatura da economia marítima internacional tem comprovado que os impactos territoriais e os ganhos de eficiência portuária são fracos. O aumento de 100 toneladas de carga movimentada gera menos que 0,05 novas vagas de emprego direto. Além disso, varia conforme o tipo de porto, pois os impactos são menores para portos mais automatizados e impactos maiores para portos de carga a granel (Vasconcelos, 2022). Ou seja, o aumento na movimentação de 100 toneladas de carga no porto não gera nem ao menos 1 emprego direto.

Os maiores conflitos socioeconômicos são relatados no desenvolvimento e operação dos portos. Eles ocorrem quando grupos da comunidade ou outros atores envolvidos sentem um claro desequilíbrio entre os benefícios (como valor agregado e empregos gerados) e os custos (a exemplo de congestionamentos e impactos ambientais) para as comunidades locais (Notteboom *et al.*, 2022). Assim como os conflitos ambientais, os conflitos porto-cidade possuem múltiplas faces. Com relação à infraestrutura, pode ser mencionado o congestionamento nas vias de acesso ao porto, a falta de infraestrutura como pátios de carga e facilidades para caminhoneiros que, ao estacionarem nas vias, intensificam os congestionamentos nos portos e adjacências impactando a vida das comunidades que ali se localizam (Castro Hilsdorf e Nogueira Neto, 2016).

O modo rodoviário é a principal forma de chegada e saída de cargas do Porto de Santos sendo este responsável por 68% da movimentação de cargas deste porto (Castro Hilsdorf e Nogueira Neto, 2016) que é servido por cinco rodovias principais de acesso. Assim como em diversos outros portos brasileiros, a preferência por esse tipo de transporte se apresenta como um reflexo da baixa integração modal pelo território nacional. Desta forma, são relatados congestionamentos constantes nas rodovias que dão acesso ao porto em

decorrência da formação de filas de caminhões em espera (Castro Hilsdorf e Nogueira Neto, 2016, Gouveia, 2020). Diversos motivos são apontados como fatores geradores de congestionamentos como a incapacidade de estocagem nos locais de produção, que essencialmente transforma os caminhões em estoques móveis até que sua carga seja carregada. A ineficiência dos exportadores agrícolas em compatibilizar viagens dos caminhões com a atracação de navios aos quais suas cargas são destinadas e os atrasos nos embarques e desembarques também são apontados como fatores que levam à formação de filas de caminhões nos acessos rodoviários ao Porto de Santos (Castro Hilsdorf e Nogueira Neto, 2016). Os congestionamentos nas rodovias que dão acesso ao Porto de Santos apresentam ainda como agravante o compartilhamento das vias que dão acesso ao Porto com veículos de passeio que em última instância representam os maiores usuários do sistema de transporte rodoviário local (Gouveia, 2020). Os pontos de conflito entre cidade e porto são físicos, pela disputa e compartilhamento de espaços. Nos tradicionais portos urbanos brasileiros são comuns caminhões de carga transitarem dentro de bairros, junto a veículos de passeios, bicicletas e transeuntes. Quanto mais movimentação portuária, mais trânsito, mais ruídos, mais emissão de poluição atmosférica, piorando a mobilidade urbana (Vasconcelos, 2022).

Além da questão logística, há também conflitos dos portos com comunidades locais por áreas de pesca, abastecimento de água e de impactos das grandes embarcações com as pequenas embarcações de pescadores. No porto de Santos, as rotas de pesca artesanais estão inseridas no mesmo trajeto usado pelos navios, havendo uma superposição do canal situado no trecho do estuário de Santos e, ainda, na região de confluência dos canais de Bertioga e Piaçaguera, que fazem parte do caminho de cinco comunidades de pescadores (Cunha, 2006). Apesar de todos estes problemas, o Porto de Santos não detém uma unidade de gerenciamento ambiental específica de acordo com os parâmetros e exigências internacionais (Siqueira, 2022).

No estado do Rio de Janeiro, a construção do porto de Açú (no município de São João da Barra), elevou o nível de salinidade de lagoas de água doce, interferindo na vida dos agricultores, pescadores e outras pessoas que dependem da água para consumo e irrigação (OJC, 2022).

No porto de Paranaguá as populações locais relatam que o movimento de navios de grande porte causa ondas que afetam as pequenas embarcações dos habitantes. As inundações também são problemas vivenciados pela comunidade na baía de Paranaguá porque o porto impede a vazão da água causando enchentes (UFPR, 2021).

De forma geral, a relação entre portos e cidades no Brasil tem se mostrado contraditória. Apesar da importância dessas infraestruturas para o nascimento e desenvolvimento das áreas urbanas no passado, na atualidade, desponta e se acirra numa relação tensionada na maior parte das cidades portuárias brasileiras. As origens históricas dos portos brasileiros estão intrinsecamente ligadas ao surgimento e crescimento dos centros urbanos. No entanto, esta ligação evoluiu para uma contradição complexa. À medida que as populações urbanas se tornaram mais densas e se expandiram para áreas vizinhas, os portos enfrentaram o que Rocha (2019) denominou de “autofagia urbana”.

Desde a década de 1950 nos Estados Unidos e décadas de 1960 e 1970 na maioria dos países da Europa ocidental, cidades e portos apresentam processos de desorganização e redefinição de funções decorrentes, entre outros aspectos, dos avanços da engenharia naval, do aumento da capacidade dos navios e da consequente necessidade de maiores profundidades, da introdução de novos métodos e tecnologias de manuseio de cargas e em razão da própria dinâmica de mercado. Esse movimento de afastamento espacial, percebidos nesse período, originou-se da necessidade de ganhos de produtividade na movimentação das mercadorias. Porém, tais mudanças nem sempre foram imunes aos conflitos. No Brasil, nas últimas décadas, também foram observadas grandes transformações em várias capitais, sendo estas em sua maioria áreas metropolitanas localizadas no litoral. O crescimento urbano intenso em suas zonas portuárias, aliado à necessidade para atender navios de maior calado, levaram à saturação de diversos portos e a uma transformação nas funções portuárias de algumas cidades, transformando e forçando a realocação de suas zonas portuárias originais para outras cidades ou áreas próximas, e produzindo como consequência, uma fase de afastamento nas relações porto-cidade, sob o aspecto espacial, econômico, logístico e cultural. Entre os exemplos dessa mudança dessa realocação da atividade portuária, pode-se citar as transferências gradativas ou substitutivas de atividades portuária:

- Do porto de São Luís para o Porto de Itaqui (1970)
- Do porto do Rio de Janeiro para o Porto de Sepetiba (1982)
- Do porto de Recife para o Porto de Suape (1983)
- Do porto de Belém para o porto de Vila do Conde (1985)
- Do porto de Fortaleza (Mucuripe) para o Porto do Pecém (2002) (Clementino, 2017).

Cordeiro *et al.* (2020) analisou a relação porto cidade na literatura e desde 1981 encontrou 33 artigos que abordam este assunto com enfoque nos mais variados temas: econômico, infraestrutura de acesso, urbanidade, meio ambiente, histórico, gestão, governança e planejamento, sociopolítico e múltiplos aspectos.

3.1.3 Impactos na biota local

Impactos severos em virtude de bota fora de sedimentos contaminados, bem como sobre a população de botos-cinza foram reportados para o porto de Sepetiba (Projeto Ilhas do Rio, 2025). A dragagem afetou a população e entre julho de 2005 e julho de 2011 houve um alto índice de mortalidade dos organismos na baía de Sepetiba. Foi constatado que nos anos sem dragagens, 50 botos foram recolhidos e que nos anos em que ocorreram dragagens na baía (2008, 2010 e 2011) 71 botos foram encontrados mortos, ou seja, aumento em 50% do número de mortes (Bastos e Bassani, 2012). Outro fator é a sobreposição de áreas de pesca com a concentração dos botos causada pelo aumento das faixas de exclusão devido às dragagens em áreas de fundeio, afetando também as comunidades locais (Bastos e Bassani, 2012).

Os conflitos ambientais relativos ao porto de Suape, considerado um porto moderno, são discutidos desde 1975. O local escolhido para o projeto, numa área ao sul do Cabo de Santo Agostinho, era povoado e tinha rios, praias, manguezais, matas, pomares e canaviais. A adequada profundidade e disponibilidade de retro área para a instalação e as atividades de um porto justificaram a "irreversibilidade da paisagem" (Cavalcanti, 2008). Apesar de representar um benefício socioeconômico para a região nordeste, a construção do porto e do terminal de tancagem gerou impactos ambientais que se "revelaram desastrosos" (Sá, 2008), destacadamente a obstrução de um dos quatro rios que deságuam na região, o Rio Ipojuca, transformando o estuário em uma laguna costeira (Koenig *et al.*, 2002) causando o desequilíbrio ecológico das espécies estuarino-costeiras (Kitzmann e Asmus, 2006). Com isso, marisqueiros e pescadores foram prejudicados em suas atividades. O ordenamento urbano das comunidades que moravam lá antes da instalação do Complexo gerou diversos conflitos. Trata-se de um exemplo de um impacto negativo aditivo de conflitos de natureza ambiental com reflexos social, econômico e cultural (Castro e Almeida, 2012).

Além de impactos diretos na fauna silvestre pode-se citar outros impactos indiretos. Portos, principalmente aqueles que movimentam grãos e cargas orgânicas atraem roedores,

pombos, baratas e moscas. Estas espécies nocivas, também conhecida como fauna sinantrópica, acabam sendo atraídas pelo porto e configuram mais um impacto negativo. Costa (2013a) monitorou 17 portos brasileiros e encontrou a necessidade de reforço no controle ambiental relativo às espécies sinantrópicas. Um estudo realizado no Porto de Paranaguá, maior porto graneleiro da América Latina, encontrou que em comparação com outros 20 portos brasileiros, este porto possui o segundo maior percentual de roedores (Silva, *et al.*, 2022) demonstrando o quanto portos graneleiros são atratores da fauna sinantrópica. O porto de Santos foi o porto com o maior número de roedores capturados no Brasil.

Outro impacto ambiental indireto relacionado à biota local e ao meio ambiente é a entrada de espécies exóticas através dos portos. Espécies exóticas são aquelas que ocupam locais não estabelecidos como os de sua ocorrência natural, encontrando em novos ambientes condições favoráveis para se desenvolverem (Santos Port Authority, 2022). Por serem novas no ambiente, não há predadores naturais para controlar seu desenvolvimento e expansão, e quando se desenvolvem e proliferam tornam-se uma espécie invasora. Estas espécies invasoras acabam se tornando competidores com grande vantagem em relação às espécies locais, podendo diminuir a biodiversidade na região. Por isso, portos necessitam de estratégias eficientes para impedir a entrada de espécies exóticas. No caso dos portos, a circulação de embarcações vindas de diversos locais favorece a entrada de espécies exóticas, já que essas podem se deslocar tanto incrustadas no casco quanto na água de lastro dos navios. Na costa nacional, são reportadas pelo menos nove espécies exóticas consideradas invasoras e que possivelmente foram introduzidas por embarcações, abrangendo tanto organismos planctônicos (microalgas) quanto os bioincrustantes (moluscos e corais) (MMA, 2009). As espécies exóticas podem ser classificadas de acordo com seu potencial de aumento populacional e de impacto sobre outras espécies, nas categorias: detectada (encontrada em ambiente natural sem aumento populacional demasiado), estabelecida (detectada com frequência, mas não apresenta indícios de impactos às populações naturais) ou invasora (indícios de aumento populacional e/ou impactos aparentes) (Santos Port Authority, 2022). Somente no porto de Santos foram encontradas 14 espécies exóticas (Santos Port Authority, 2022). Além de causar desequilíbrios ecológicos, essas espécies podem comprometer infraestruturas, como sistemas de refrigeração e encanamentos, resultando em prejuízos financeiros significativos para indústrias locais e aumentando o custo de manutenção das instalações portuárias (Machado *et al.*, 2024). Com relação à bioinvasão marinha, os impactos vão, por exemplo, desde prejuízos econômicos por incrustação demasiada a grandes florações

de microalgas tóxicas, que podem afetar a saúde humana (MMA, 2009, Santos Port Authority, 2022).

3.1.4 Formação de gases e poeira

A emissão de gases nocivos ou poeira em portos são de origem das mais variadas fontes como por exemplo no armazenamento de grãos, por navios que acessam o porto e por veículos terrestres que se deslocam no porto.

Dentre as instalações portuárias, pode-se citar os silos e os armazéns, nos quais ocasionalmente ocorre a formação de gases por grãos agrícolas armazenados, principalmente metano, o que pode ocasionar explosões (Silva *et al.*, 2005). Além disso, um dos principais aspectos a serem observados quanto à poeira é relativo ao trabalho de manuseio de carga granelizada dentro dos porões das embarcações. O confinamento da carga produz um ar extremamente carregado de partículas sólidas, com pouca visibilidade para o trabalhador, que muitas vezes opera equipamentos de porte dentro do porão. As operações de recheio (movimentação de cargas no porão ou armazém de um navio, com o objetivo de acomodar a carga e facilitar o carregamento e descarregamento) são extremamente poluidoras neste aspecto (Porto e Teixeira, 2002).

Um dos impactos de maior atenção atualmente, e observado na Tabela 1, consiste na poluição atmosférica e nas emissões de gases causadores do efeito estufa, que podem advir tanto da operação de carga e descarga como da atividade industrial, mas principalmente, das descargas atmosféricas dos navios (ancorados ou em espera ao largo) e dos veículos que transportam as mercadorias até o porto, principalmente rodoviários e ferroviários (Sartório, 2016). Estimava-se que a frota mundial de navios mercantes era responsável pela emissão de 3000 a 6000 ton./ano de clorofluorcarbono – CFC, equivalente a 3% das emissões globais (Silva *et al.*, 2005). Um estudo da IMO (2014) estimou que as emissões de GHG de navios internacionais em 2012 foram responsáveis por 2,2% das emissões de CO₂ (dióxido de carbono) de origem antropocêntrica e que estas emissões poderiam chegar de 50% a 250% em 2050 (IMO, 2014). A emissão de SO₂ (dióxido de enxofre) em portos está estimada em 4,5 a 6,5 milhões de ton./ano, aproximadamente 4% das emissões globais (IMO, 2020). As emissões de óxidos de nitrogênio são estimadas em 5 milhões de toneladas por ano, equivalente a 7% das emissões globais. Os principais problemas gerados são os relacionados à

saúde pública e chuvas ácidas nas regiões portuárias (Silva *et al.*, 2005).

Pesquisas mais recentes demonstram que as emissões de carbono vão depender do tipo de combustível utilizado e um navio transportando 8000 TEUs pode variar de 429 a 474,8 toneladas/dia de CO₂ (Shen *et al.*, 2022). Considerando que havia no mundo, aproximadamente, 6232 navios de contêineres que variam em tamanho e capacidade de volume de carga transportado, as emissões diárias de dióxido de carbono são ainda subestimadas. Foi demonstrado que as emissões de CO₂ originadas dos combustíveis marinhos em 2020 totalizaram 638,32 milhões de toneladas (Kontovas, 2020). No porto de Santos as emissões de gases poluentes superaram as emissões de uma termelétrica de 36 MW (Silva *et al.*, 2005). O quadro se agrava quando somadas às emissões dos transportes rodoviário e ferroviário.

3.2 Gestão ambiental

Segundo a Resolução Conama nº 01/86 (BRASIL, 1986) os portos são classificados como potencialmente poluidores e, portanto, passíveis de licenciamento ambiental estabelecido na Constituição Federal e pela Lei nº 6.938/81 (BRASIL, 1981). O licenciamento ambiental impõe a implantação de uma série de dispositivos de controle e proteção ambientais, denominados planos e programas, requisitos a serem atendidos pela atividade portuária. Esses requisitos devem fazer parte de um Sistema Integrado de Gestão Ambiental, que compreende também a segurança e saúde do trabalhador portuário a ser elaborado, implantado e aprimorado periodicamente.

No Brasil, no que tange a gestão portuária, as diretrizes ambientais ainda não evoluíram tanto quanto às europeias e as leis, normas e portarias ainda preveem o básico: gestão de resíduos sólidos, líquidos e efluentes, da água de lastro, das dragagens, dos planos de emergência individual, de contingência, de área, e de ajuda mútua (Braga & Veloso-Gomes, 2020). O marco de referência para a inserção da variável ambiental no setor portuário foi a aprovação da Agenda Ambiental Portuária (AAP), mediante a Resolução nº 6 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), em 02 de dezembro de 1998, em que foram definidos os seguintes procedimentos para implementar a gestão portuária (Braga & Veloso-Gomes, 2020):

- Observância de convenções internacionais, políticas, planos e normas ambientais;

- Inserção da dimensão ambiental no processo brasileiro de modernização portuária;
- Implementação de controle e monitorização ambiental e planos de contingência para casos de acidentes.

O desafio de contornar os impactos ambientais causados pelos portos surgiu a partir da implementação de reformas portuárias determinadas na Lei de Modernização dos Portos (Lei nº 8630/93) (BRASIL, 1993). Entre estes desafios estava a implantação da gestão ambiental que é de extrema importância, pois portos ambientalmente mais adequados poderão ter uma vantagem competitiva adicional aos demais tanto pela diminuição de impactos e custos quanto por conseguir atrair e manter determinadas cargas (Kitzmann e Asmus, 2006). As ações de gestão ambiental na maioria das vezes não são consideradas no planejamento portuário. A Lei nº 12.815/2013 (BRASIL, 2013) foi criada 20 anos após a antiga lei dos portos (8630/93) e dá pouca ou quase nenhuma importância a gestão ambiental dos portos organizados (Braga & Veloso-Gomes, 2020). Um sistema de Gestão Ambiental - SGA incorpora considerações ambientais e de tomada de decisão no dia a dia de um porto, operações e no seu planejamento estratégico. Além disso, fornece um quadro estruturado projetado para atingir a melhoria ambiental contínua além da conformidade regulamentar. Também pode ajudar os portos a melhorarem a eficiência, reduzir os custos para a gestão de ativos e operações e a minimizar os impactos negativos sobre a saúde humana e para o ambiente (Braga & Veloso-Gomes, 2020).

A gestão ambiental nas organizações ocorre em três dimensões inter-relacionadas assim propostas:

- 1) O atendimento a regulamentações governamentais e privadas (as certificações);
- 2) As exigências do mercado consumidor/comprador, com a preservação da imagem e a reputação das organizações;
- 3) Respeito ao meio ambiente na filosofia da responsabilidade social e ambiental (Robles e La Fuente, 2019). Em suma, as organizações adotam estratégias para a sustentabilidade a partir de direcionadores (drivers) compulsórios, mistos e voluntários (Cutrim, 2023).

É importante destacar que empresas certificadoras ou regulamentadoras de práticas e de evidenciação de ações ambientais atuam para garantir que a gestão ambiental nas organizações seja implantada de forma adequada no que tange a sustentabilidade e no setor portuário. Embora existam diversos padrões nacionais e internacionais de regulação, Cutrim

(2023) destaca:

- ISO 14001: internacionalmente referenciada à *International Organization of Standardization* (ISO), é composta por 28 normas distribuídas em seis áreas: Sistema de Gestão Ambiental, Auditorias Ambientais, Avaliação de Desempenho Ambiental, Rotulagem Ambiental, Aspectos Ambientais nas Normas de Produtos, Análise do Ciclo de Vida dos Produtos (ISO, 2004).
- ISO 26000, publicada no Brasil em 2010, é orientação não certificável, voltada para ações de desenvolvimento e adoção de práticas que considerem diversidades sociais, ambientais, econômicas, jurídicas, culturais, políticas, e organizacionais, mantendo a consistência com as normas internacionais de comportamento (FIESP, 2013).
- O Relatório GRI - Global Reporting Initiative - instrumento de transparência e demonstração da inter-relação da organização e seus *stakeholders* em uma gestão para a sustentabilidade. É composto por guias de conduta e indicadores relativos a questões ambientais, sociais, econômicas e de governança, com o objetivo de “apresentar informações confiáveis, relevantes e padronizadas” que apontam oportunidades e riscos nos processos de tomada de decisão (GRI, 2022).
- Além dessas tradicionais ainda existem as certificações específicas para portos como a ECOPORTS e a GREEN MARINE (Cutrim, 2023).

3.3 Indicadores de desempenho ambiental

Uma das formas de acompanhar estes impactos e se as ações de mitigação estão sendo efetivas é o uso de indicadores ambientais. Os indicadores ambientais são importantes para avaliar a performance ambiental e acompanhar o progresso das ações ambientais dos portos. Para isso, relevantes indicadores de desempenho ambientais podem ser utilizados (Donnelly *et al.*, 2007). Assim, as autoridades portuárias podem demonstrar comprometimento e contínuo desenvolvimento através de evidências científicas e medidas confiáveis (Puig *et al.*, 2014).

3.3.1 Indicadores de desempenho ambiental no mundo

Existem diversos guias para implementar um sistema de gestão ambiental como o *Port*

Environmental Review System (PERS) (ESPO, 2011); o *Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) Regulation* (European Commission, 2009) e o *International Organizations for Standardization (ISO) 14001* (ISO, 2004). Estes padrões requerem um explícito comprometimento com a contínua melhora da performance ambiental através do uso de indicadores de performance. O uso de indicadores ambientais entre o setor portuário tem sido analisado em diversos estudos como o ‘*ESPO/Ecoports Port Environmental Review 2009*’ desenvolvido pela *European Sea Ports Organization (ESPO)* e a *Ecoports Foundation*. Participam desta pesquisa 122 portos de 20 estados marítimos europeus. Este estudo revelou que 60% dos portos que responderam à pesquisa identificam que indicadores ambientais contribuem para monitorar tendências em performances ambientais. Ainda, quando perguntados qual o nome do indicador usado, os entrevistados responderam mais de 100 indicadores diferentes (Puig *et al.*, 2014).

Como exemplos de indicadores ambientais pode-se descrever os seguintes:

- **PPRISM - Port Performance Indicators: Selection and Measurement** (ESPO, 2012) - A ESPO em 2012 tinha desenvolvido 5 categorias de indicadores com renomados parceiros acadêmicos em 5 diferentes categorias: Universidade de Antuérpia (Bélgica) para tendências de mercado e categorias das estruturas, Universidade de Eindhoven (Holanda) para as categorias de cadeia logística e de performance operacional, Universidade de Cardiff (País de Gales) para a categoria de performance ambiental, Universidade de Bruxelas (Bélgica) para a categoria de impacto sócio econômico e Universidade de Aegean (Grécia) para a categoria de governança. Este indicador foi desenvolvido pela ESPO em 2012 e aplicado em portos europeus. Envolve o tráfego marítimo e de navios acompanhando sua tendência e estrutura, o impacto socioeconômico e sua contribuição no desenvolvimento econômico local, regional e nacional, a performance ambiental do porto e monitora o sistema de gestão ambiental do porto através de indicadores de performance ambiental. O PPRISM também avalia outra categoria que é a cadeia logística e a performance operacional do porto e a governança.
- **FAHP – Processo de hierarquia analítica difusa** (AKBARI *et al.*, 2022) – este indicador foi desenvolvido para portos do Iran a partir de um questionário para avaliar o impacto ambiental nos portos. Este indicador envolve seis fatores: desempenho reativo (poeira, qualidade do ar e da água, ruído, resíduos e pegada de carbono), sustentabilidade (treinamento e melhorias, uso de energia renovável, desenvolvimento de tecnologias, métodos sustentáveis no design e construção, uso de recursos recicláveis), performance

proativa (programa de monitoramento ambiental, gestão de carga perigosa, educação ambiental, avaliação de risco ambiental, programa de gestão ambiental), fator de governança (produtividade do setor público portuário, relatório de responsabilidade social, investimento governamental, mercado aberto portuário, integridade dos *stakeholders*, gestão independente), economia (valor agregado na criação, empregos diretos, produção e padrão de consumo, investimento em desenvolvimento tecnológico, empregos indiretos) e sociocultural (impactos físicos, participação social, segurança pública educação compreensiva, influências culturais, justiça) calculados com diferentes pesos.

- PEI – *Port Environmental Index* ((Široka *et al.*, 2021, Milošević *et al.*, 2023)). PEI é aplicado em portos europeus e é formado por três índices: *Ship Environmental Index* (SEI), *Terminal Environmental Index* (TEI) e *Port Authority Environmental Index* (PAEI) selecionados a partir das diferentes origens dos impactos ambientais de um porto, dos navios ancorados, dos terminais de carga e descarga, e da autoridade portuária. A responsabilidade dos impactos ambientais em um porto é compartilhada entre os diferentes agentes que será centralizada na gestão do porto.
- EPI – *Environmental performance Indicator* (Puig *et al.*, 2014). Aplicado em portos europeus, envolve mais de 300 indicadores nas mais variadas categorias: gestão de performance, performance operacional e condição ambiental. É calculado através de um questionário respondido voluntariamente pelas autoridades portuárias.
- EPI – *Environmental Performance Indicator* (Teerawattana & Yang, 2019). EPI foi aplicado em portos da Tailândia. Para o desenvolvimento deste indicador foram analisados: qualidade da água, qualidade do ar, qualidade do solo e do sedimento, controle de ruídos e a qualidade do ecossistema. Foi desenvolvido com o objetivo de avaliar *Green ports*. KPI – *Key performance indicator* (Muangpan & Suthiwartnarueput, 2019). Também foi aplicado em portos da Tailândia. Este indicador define os portos sustentáveis e envolve a avaliação quatro pilares: o pilar ambiental como consumo de energia e da água e emissões atmosféricas, o pilar social como qualidade de vida, desenvolvimento da comunidade, gestão da segurança e perfis dos empregos e o pilar econômico com a revisão da capacidade para o cargo, performance financeira e não-financeira, fortalecimento das posições e como último pilar a gestão organizacional para aumentar a sustentabilidade do porto. PEPI – *Port Environmental Performance Index* (Ravn, 2021). É aplicado nos portos nórdicos (Escandinávia). Consiste em 130 tipos de indicadores de performance ambiental em um sistema hierárquico. Está dividido em

componentes com 13 fatores: qualidade ambiental (poluição do ar, poluição da água, poluição sonora, poluição da terra e sedimentos), uso de recursos de energia (seleção de materiais, consumo da água, uso de energia), destinação de resíduos (destinação de resíduos gerais, destinação de resíduos perigosos), qualidade do habitat e da vegetação (qualidade do habitat, vegetação do porto) e participação social (comunidade, promoção e educação, treinamento da equipe portuária).

- PERS – *Port Environmental Review System* (Port of Rotterdam Authority, 2020; ESPO, 2011). Implantado no porto de Rotterdam (Holanda). Os indicadores envolvem dragagem, manutenção e projetos, consumo de energia, energia renovável, emissões e qualidade do ar (emissões globais) e emissão e qualidade do ar pela área industrial divididos em 16 indicadores.
- PPI – *Port Performance indicator* (United Nations Conference on Trade and Development, 2023). Apresenta uma nova proposta para indicadores ambientais em portos. Estes novos indicadores abrangem as metas do desenvolvimento sustentável, emergência climática e redução das emissões de carbono. Foi aplicado no porto de Valência (Espanha). Estes novos indicadores envolvem o nível da autonomia da gestão, indicadores de governança (transparência e responsabilidade, nível de cooperação entre os portos, apoio a clusters industriais e portuários, relações porto-cidade ou ligação com os cidadãos), indicadores de recursos humanos (igualdade de oportunidades, qualidade de emprego, assistência social e produtividade), indicadores financeiros (indicadores contábeis, da atividade portuária, capacidade financeira e de investimentos, performance financeira), indicadores de resiliência (segurança física e cybersegurança), indicadores de operação dos navios (indicador de tempo, de característica dos navio), indicador da operação de carga (performance operacional, produção, produtividade nível do serviço, utilização) e indicador de sustentabilidade ambiental (mudanças climáticas, emissões oriundas da atividade portuária, consumo de recursos, produção de resíduos, desenvolvimento portuário, impacto na biodiversidade, gestão ambiental).

3.3.2 Indicador de Desempenho Ambiental no Brasil - IDA

No Brasil o indicador mais utilizado é o Índice de Desempenho Ambiental – IDA. Este indicador foi desenvolvido a partir de um Termo de Cooperação firmado em janeiro de 2011 entre a ANTAQ e o Centro Interdisciplinar de Estudos em Transportes da Universidade

Federal de Brasília (CEFTRU/UNB) com o objetivo de desenvolver um método para calcular um índice de desempenho ambiental das instalações portuárias. O IDA atende os objetivos do roteiro para o alinhamento do Brasil com instrumentos jurídicos selecionados da OECD sobre o meio ambiente que são:

- Estabelecer requisitos e metas e um sistema de monitoramento para promover um melhor desempenho ambiental nas operações diárias de instituições, edifícios e instalações federais (por exemplo, usando menos energia, água, papel e outros materiais) e
- estabelecer um sistema para acompanhar as despesas públicas relacionadas com ambiente para melhorar a transparência do sistema geral de orçamento e fundos ambientais avaliando a viabilidade do “orçamento verde” para medir como diferentes orçamentos impactam nos objetivos de sustentabilidade e ajudam a priorizar investimentos que apoiam a transição verde, além de aplicar esforços contínuos para desenvolver indicadores de desenvolvimento ambiental e sustentável e garantir que estas sejam regularmente atualizadas e apoiadas por fontes de dados apropriados com definições e metodologias de cálculo melhorando a consistência entre os dados regionais e nacionais e fornecer acesso público a informações sobre o desempenho ambiental das empresas (OECD, 2021).

A partir da Resolução no 2.650/2012 (ANTAQ, 2012), e mais recentemente pela Resolução ANTAQ nº 123/2024 (ANTAQ, 2024b), o IDA foi instituído como instrumento de acompanhamento e controle de gestão ambiental das instalações portuárias. Seu cálculo é realizado por análise multicritério por meio do Processo de Análise Hierárquica (AHP - Analytic Hierarchy Process). São aplicados 38 indicadores divididos em 4 categorias: econômico-operacional, sociocultural, físico-químico e biológico-ecológico (Figura 2).

Figura 2 - Estrutura do IDA.



Fonte: ANTAQ, 2021.

A categoria econômico-operacional trata da organização, estruturação e capacidade de resposta voltadas para a gestão ambiental e possui 7 indicadores globais e 24 indicadores específicos. A segunda categoria é a sociocultural que avalia métodos e ações sociais inseridas na lógica ambiental. Esta constituída por 2 indicadores globais e 3 indicadores específicos. A categoria físico-químicos está relacionada às ações de gestão dos possíveis poluentes decorrentes da atividade portuária. É formado por 4 indicadores globais e 8 indicadores específicos. A última categoria é a biológico-ecológico que avalia os organismos presentes nas áreas portuárias formada por um indicador global e 3 indicadores específicos. O detalhamento dos indicadores pode ser na Tabela 2.

O IDA dá uma nota que vai de 0 - pior desempenho a 100 - melhor desempenho. Os Administradores Portuários dos Portos com maior pontuação, utilizam a nota do IDA como um certificado de recompensas e premiação servindo para publicidade da gestão ambiental do porto e atratividade do comércio marítimo internacional (ANTAQ, 2015).

Tabela 2 - Indicadores ambientais que compõem o IDA (Fonte: ANTAQ, 2021).

Categoria	Subcategorias	Indicadores
Econômico-operacional	Governança ambiental	Licenciamento ambiental
		Profissionais de meio ambiente
		Treinamento de capacitação ambiental
		Auditoria ambiental
	Segurança	Banco de dados oceanográfico/hidrológico/meteorológico/climático
		Planos de prevenção de riscos
		Número de acidentes no último ano
	Gestão das operações portuárias	Retirada de resíduos dos navios
		Ações de movimentação com produto perigoso
	Gerenciamento de energia	Redução de consumo de energia
		Geração de energia limpa e renovável
Fornecimento de energia para os navios		

Categoria	Subcategorias	Indicadores
	Custos e benefícios das ações ambientais	Apoio à gestão ambiental
	Agenda ambiental	Informações ambientais por sítio eletrônico
		Agenda ambiental local
		Agenda ambiental institucional
		Certificações voluntárias
	Gestão condominial do porto organizado	Acompanhamento do desempenho ambiental dos terminais arrendados
		Licenciamento ambiental das empresas
		PEI - Plano de Emergência Individual dos terminais arrendados
		Auditoria ambiental dos terminais arrendados
		PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos sólidos dos terminais arrendados
Certificações voluntárias dos terminais arrendados		
Educação ambiental dos terminais arrendados		
Sociocultural	Educação ambiental	Promoção de ações de educação ambiental
	Saúde pública	Ações de promoção de saúde Plano de contingência para saúde pública nacional e internacional (ESPIN e ESPI)
Físico-químico	Monitoramento da água	Monitoramento da qualidade da água
		Drenagem pluvial
		Redução e reuso da água
	Monitoramento do solo e material dragado	Situação da área dragada e disposição
		Passivos
	Monitoramento do ar e ruído	Monitoramento de poluentes atmosféricos
Poluição sonora		
Gerenciamento de resíduos sólidos	Gerenciamento de resíduos	
Biológico-ecológico	Biodiversidade	Monitoramento fauna e flora
		Monitoramento de fauna sinantrópica
		Monitoramento de espécies exóticas/invasoras

Desde que foi implementado, o IDA vem sendo amplamente estudado: Rodrigues (2022) analisou o planejamento ambiental portuário por meio do IDA nos portos de Santos e São Sebastião. Figueiredo (2015) estudou os desafios e oportunidades do IDA em seus primeiros anos de implantação por meio de entrevistas com gestores de meio ambiente dos portos de Salvador/BA, Fortaleza/CE, Rio de Janeiro/RJ e Vitória/ES e com a gerência de meio ambiente e sustentabilidade da ANTAQ. Ramalho (2015) pesquisou a percepção de gestores ambientais de 29 dos maiores portos públicos do Brasil a respeito do IDA por meio de um questionário e analisou os resultados do índice entre janeiro de 2012 e janeiro de 2015. Rocha *et al.* (2018) analisou os resultados do IDA entre o primeiro semestre de 2012 até o primeiro semestre de 2016 com aplicação de teste Duncan de comparação das médias e encontrou que o desempenho ambiental foi inferior nos portos administrados diretamente pelo governo federal quando comparado ao desempenho ambiental de portos delegados. O desempenho ambiental dos portos da macrorregião sul/sudeste foi superior ao dos portos da macrorregião norte/nordeste, porém o artigo não se dedicou a entender os motivos destas diferenças. Paiva *et al.* (2019) analisou a eficiência da gestão ambiental e a eficiência operacional de sete portos públicos brasileiros que exportam soja com o uso de análise de envelopamento de dados. Abrantes e Barrella (2019) analisaram a evolução do IDA em 30

portos públicos no período de 2012 a 2017 e observou que a gestão ambiental portuária no Brasil passava por um processo de amadurecimento e melhoria contínua. Contudo, a literatura ainda é incipiente quando se busca por uma visão abrangente do desempenho ambiental de todos os principais portos brasileiros, bem como quando se busca por uma discussão sobre as métricas e sobre os processos utilizados na análise ambiental dos portos brasileiros em comparação aos padrões internacionais.

3.4 Ampliação dos navios

Devido à economia de escala pela diminuição do consumo de combustível por volume de carga transportada e assim, reduzir também as emissões de gases do efeito estufa, há uma tendência mundial de aumento no tamanho dos navios. Foi comprovado que navios maiores, quando comparados aos menores, apresentam um aumento no consumo de combustível inferior ao aumento correspondente na capacidade de carga (Panagakos *et al.*, 2019, Lindstad *et al.*, 2012, Chang & Jhang, 2016). No entanto, estes navios requerem portos capazes de recebê-los, ainda raros no Brasil. No país, o Terminal de Produtos Diversos (TPD) de Tubarão/ES era o único com estrutura de acostagem adequada para os maiores navios do tipo *Capesize*. O segundo tipo de navio em tamanho são os Panamax e as instalações portuárias capazes de receber estes navios são Barcarena em Barcarena no Pará, Itaqui em São Luís no Maranhão, Cotegipe em Salvador na Bahia, Tubarão em Vitória no Espírito Santo e Santos em Santos/São Paulo (Magalhães, 2021).

Em 2017, o maior navio porta contêineres era o OOCL Hong Kong. Este navio possuía capacidade de 21.413 TEUs (contêineres de 20 pés, do inglês *Twenty-Foot Equivalent Unit*) e media 400 m LOA (comprimento total) e largura de 58,8 m, DWT (Tonelagem de porte bruto) de 197.317 toneladas e calado de 32,5 m. Na sequência, vinham o Saint Exupéry, o Madrid Maersk e o MOL Triumph, e suas capacidades excediam 20.000 TEUs (Park & Suh, 2019). Estes navios excedem as novas dimensões do canal do Panamá e de Suez. Embora, mais recentemente, o maior navio cargueiro do mundo já alcance a capacidade de transporte de 24000 TEUs (Fazcomex, 2023), poucos portos são capazes de receber navios com capacidade entre 8000 e 10000 TEUs, limitação não exclusivamente brasileira (OECD, 2011).

Para atender navios com tais proporções, é necessário centenas de hectares de superfície de água para operação e manobra e de terra com infraestrutura para rodovias e ferrovias ou armazéns e áreas industriais, bem como berços para acomodar grandes navios e

terminais capazes de operar enormes quantidades de bens (Notteboom *et al.*, 2022). Além de área para receber navios de maior porte, é necessária profundidade compatível para operação e manobra. Neste sentido, alguns portos apresentam vantagens naturais enquanto outros necessitam de dragagens ou aterros (Notteboom *et al.*, 2022). Todos estes requisitos restringem ainda mais o número de portos no Brasil que sejam capazes de receber e operar estes navios.

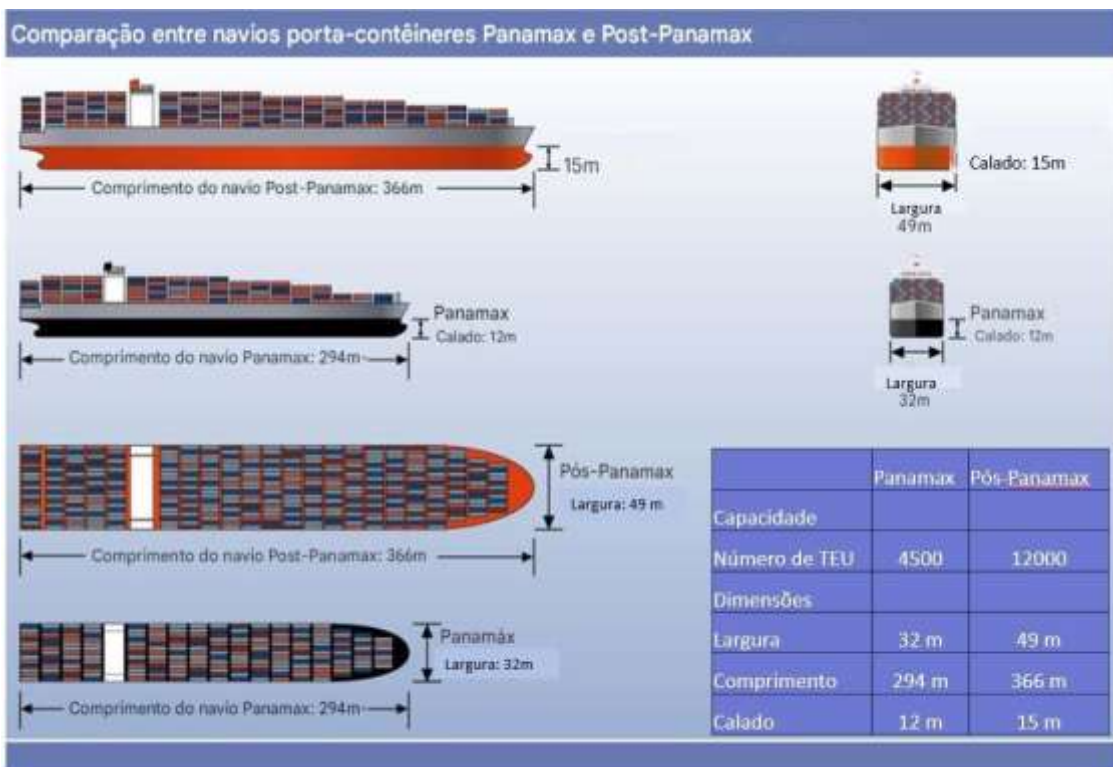
Para se ter uma ideia do impacto das grandes embarcações nos portos brasileiros, a execução de dragagens não era uma prioridade do Porto de Santos antes de 2007 quando houve o lançamento do PND I – Plano Nacional de Dragagens I, pois a profundidade do canal de acesso era suficiente e não impedia a circulação das embarcações. Com o desenvolvimento do comércio de mercadorias entre países e a demanda por embarcações cada vez maiores para atender o grande fluxo de cargas, o Porto de Santos precisou se reinventar e atualizar sua infraestrutura para atender a necessidade do mercado competitivo (Souza *et al.*, 2021a). Sem as ações de dragagem para atender esta nova tendência mundial, muitos portos precisavam aguardar a subida da maré para que navios de grande porte pudessem acessar o porto. Isso diminui a eficiência e aumenta os custos logísticos. Como exemplo, em 2012, o tempo médio de espera de um navio de contêiner no porto de Santos era de 16 horas em média (Andrade *et al.*, 2019). Esta limitação é uma das causas pelas quais o Brasil ocupa a 162^a posição entre 264 países em qualidade da infraestrutura dos portos (Andrade *et al.*, 2019). Desta forma, apesar das ações de dragagens serem imprescindíveis para a adequação dos portos brasileiros no atendimento desta nova realidade da navegação mundial, as dragagens são extremamente caras tanto financeiramente quanto ambientalmente.

Além da limitação por profundidade, Park e Suh (2019) identificaram também que navios maiores esperam mais tempo para serem atracados devido à dificuldade por um berço adequado e o tempo de espera médio destes navios chegou a 75,5 horas. Para reduzir o tempo de espera de mega navios, um terminal deverá fazer um plano de atracação diferenciado com base no tamanho do navio, tempo de atracação, dentre outros. Revendo o tempo de atracação e tempo de porto, e o tempo médio de atracação reduziria para 21,5 horas e o tempo médio no porto passaria a ser de 97,0 horas (Park & Suh, 2019). Os autores ainda afirmam que para reduzir efetivamente o tempo de espera de navios pós-Panamax, um terminal deve fazer um plano de atracação diferenciado baseado no tamanho do navio, horário de atracação e prioridade de movimentação de carga (Park & Suh, 2019) e um navio de 30.000 TEUs fizer escala em um porto, a profundidade do nível da água dos terminais com 20 metros precisaria

ser aumentada e o custo seria excessivo. Este fato sugere que os terminais recém-construídos precisam ter pelo menos 20 m de profundidade para acomodar navios pós-Panamax (Park & Suh, 2019).

A pressão causada por esta tendência de aumento no tamanho dos navios provocou a necessidade de ampliação do canal do Panamá. Esta ampliação permitiu a criação de uma nova categoria de navios com aumento das principais dimensões (largura, comprimento e calado) (Carral *et al.*, 2018) (Figura 3). No entanto, a expansão do canal do Panamá não afetou todos os tipos de navios de transporte e os navios de granel sólido e granel líquido são superiores a estas dimensões pois utilizam outras rotas. A expansão do canal do Panamá afetou, principalmente, os navios de carga geral, container e de navios de cruzeiro turístico (Carral *et al.*, 2018). Um estudo demonstrou que mesmo tendo que pagar taxas para utilizar o canal do Panamá, utilizar esta rota economiza entre 33 e 76% o custo para os três tipos de navios analisados: graneleiro, porta-contêineres e petroleiros (Zupanovic *et al.*, 2019).

Figura 3 - Comparação entre um navio Panamax e pós-Panamax.



Fonte: AAPA (2009).

Neste constante processo de aumento das dimensões dos navios, se os terminais quiserem continuar a gerir sua quota de serviços, terão que investir continuamente fornecendo os meios necessários para tornar as suas instalações capazes de receber navios de grande porte

(maior profundidade, guindastes maiores, maior capacidade de movimentação de carga) (Souza *et al.*, 2021b).

3.5 Limitações dos portos brasileiros

Uma das principais limitações dos portos brasileiros está relacionada ao calado dos navios que chegam do exterior, isto é, a altura de água que é necessária para que o navio flutue livremente e faça manobras no porto com segurança. Os portos brasileiros não possuem profundidade de calado suficiente para embarcações de maior porte, desta forma, é necessário que mais viagens sejam feitas para suprir a demanda existente. A realização das viagens ocorre em navios menores ou o navio operando com volume inferior à sua capacidade máxima, resultando em perda de eficiência e aumento dos custos de mercadoria (Sons, 2019). Este cenário do acesso marítimo, em que mais viagens são necessárias para transportar certa quantidade de carga, é a determinante para que o frete Ásia-Brasil de movimentação de contêineres seja o mais caro do mundo (Sons, 2019).

Antes do Plano Nacional de Dragagens, navios com maior capacidade de carga (mais atrativos), tinham que esperar a subida da maré para realizar as manobras com segurança e este tempo de espera gerava ainda maiores custos (Silva e Silva, 2021). Mesmo o Porto de Santos, o maior porto organizado do Brasil, apresenta baixa profundidade dos cais e berços de atracação operantes. Quando colocados em perspectiva com os maiores navios de contêineres em operação mundial as profundidades apresentadas pelo complexo portuário santista são insuficientes para permitir a operação de navios maiores do que aqueles classificados como pós-Panamax (Gouveia, 2020). Em comparação com dois dos maiores portos do mundo, Rotterdam, na Holanda e Hong Kong, estes apresentam respectivamente calados de 19,6 m e de 15 m para operação de contêineres (Gouveia, 2020). Navios com a capacidade de cerca de 12.000 TEUs apresentam calado de 15 m. Estima-se que com a capacidade de 25.000 TEUs e de 30.000 TEUs apresentarão, respectivamente, cerca de 16,9 m e 17,3 m de calado (Park & Suh, 2019). A maior classe de navios de contêineres operando no mundo, a Algeciras, apresenta um calado de 15,525 m e a capacidade máxima teórica de 23.964 TEUs (Gouveia, 2020).

Assim, infere-se que a maioria dos portos brasileiros não apresentam condições de operar navios já existentes de maior capacidade de carga. Estimativas de 2020/2021

demonstraram que 60% dos navios em operação na costa brasileira tinham capacidade máxima de calado igual ou superior a 14 metros. Este fato aumenta a pressão para soluções nos portos devido à profundidade limitada. Neste período, o porto de Santos apresentava limitações de calado operacional de 13,5 metros. O porto de Itaguaí permitia a operação de navios com calado de até 14,7 metros, e este porto tornou-se alternativo para atender navios devido às limitações do porto de Santos de acesso a grandes embarcações e congestionamentos (Souza *et al.*, 2021b). No entanto, encontrou-se um impasse porque foi observado através de entrevistas com *stakeholders* que a profundidade do porto é importante (o que é encontrado no porto de Itaguaí), porém o aumento do tamanho dos navios provoca maior pressão para encher estes navios de carga e o maior volume de carga encontrava-se no porto de Santos (Souza *et al.*, 2021b).

Estudos realizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias indicam que a profundidade máxima do canal do porto de Santos possível de ser alcançada é de 17 metros (Oliveira e Correia, 2019). Entretanto, Gireli e Vendrame (2012) identificaram que para a manutenção da profundidade de 17 metros fosse possível, seria necessário o aumento no volume de dragagem em mais de 7 vezes ao praticado. Os autores afirmaram que para que fosse mantida essa profundidade seria necessária a presença constante de equipamentos de dragagens de modo que a operação de navios seria severamente prejudicada uma vez que tais equipamentos ocupam os espaços destinados a navegação e atracação das embarcações comerciais. O problema de dragagem do porto de Santos apresenta-se então como um dos principais gargalos ao complexo portuário.

Além de se apresentar como um impeditivo para a operação de embarcações maiores, a baixa profundidade, o porto de Santos apresenta ainda mais uma complicação. Alguns navios operam com requerimentos mínimos de calado que somente são atingidos durante a preamar (maré alta), dessa forma, a operação portuária fica sujeita a ocorrência dos ciclos de maré para que possam ser feitas manobras de movimentação e atracação desses navios. Foi apontado que a necessidade de espera por elevações de maré para o acesso de navios maiores ao canal portuário santista seja um dos principais fatores que explicam o elevado tempo médio de espera dos navios que operam neste porto (Gireli e Vendrame, 2012). Ao mesmo tempo, a espera do terminal pela oportunidade de entrada e de saída do navio leva a ociosidade da capacidade operacional uma vez que não é possível realizar a atracação de outra embarcação durante o tempo de espera (Gouveia, 2020).

Como já descrito, o porto de Santos é o porto organizado mais importante do Brasil.

Tal fato é explicado pela geoeconomia do porto de Santos (localização mais próxima com o maior parque industrial, estado com o maior PIB e com a maior população do Brasil que é São Paulo) tornando este porto mais atrativo aos navios devido à grande movimentação de carga (Souza *et al.*, 2021b). A hinterlândia do porto de Santos é o fator fundamental que faz deste porto o porto *hub* do Brasil. Este porto possui extensa área de influência nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Costa *et al.*, 2022). Assim, Santos tem a grande vantagem de oferecer um maior volume de remessa (TEU/navio). Pragmaticamente, “a carga atrai navios e essa é a grande vantagem de Santos” (Souza *et al.*, 2021b). No entanto, Costa, 2013b demonstrou que a alternativa de maior vantagem econômica seria que a produção do centro-oeste fosse escoada pelos modais hidroviários para Manaus e Santarém e o porto de Santos e Paranaguá atendessem a produção do sudeste e sul. Esta distribuição inadequada da carga, demonstra mais uma limitação da logística nacional.

Um estudo realizado com os portos de Santos, Rio de Janeiro, Vitória e Itaguaí analisou quais as vantagens e desvantagens de cada um destes portos para se tornar um porto *hub* brasileiro através de entrevistas com os principais *stakeholders* (Souza *et al.*, 2021b). O estudo encontrou que a principal vantagem do porto de Santos é a maior frequência dos navios (do ponto de vista dos embarcadores) enquanto as companhias marítimas destacaram que este porto tem a melhor localização em relação ao PIB local. Não obstante, o polo da indústria aduaneira nacional concentra-se em Santos e as operações logísticas rodoviárias com destino ao porto de Santos acabam sendo atraídas também pela oferta de carga de retorno partindo do porto para destinos diversos no interior do país (Costa *et al.*, 2022). Contudo, como já apresentado, este porto tem limitações de calado. No porto do Rio de Janeiro, a maior limitação, segundo os embarcadores, é o trânsito intenso e o roubo de cargas no acesso ao porto. Esta limitação de roubo de cargas foi uma característica brasileira não encontrada na literatura sobre a escolha de portos no mundo.

O porto de Vitória teve a vantagem, principalmente na importação, por oferecer imposto menor (ICMS), porém este porto e o de Itaguaí apresentaram desvantagens de baixa frequência de navios, na percepção dos embarcadores, enquanto companhias marítimas relataram problemas de capacidade limitada e interferências em terra (Souza *et al.*, 2021b). Este estudo revelou uma relação interessante. Para os embarcadores, o tamanho dos navios são o fator mais importante na escolha do porto, enquanto para as companhias marítimas, a concentração e a distribuição da carga são essenciais. Portanto, a carga atrai navios, e os

navios atraem mais carga para o porto. Esta relação leva a questionamentos sobre quais são as medidas eficientes para um porto permanecer competitivo. Identificar os interesses dessas partes interessadas é importante para o modelo de demanda prolongada (Souza *et al.*, 2021b). O desafio da política portuária brasileira é equilibrar os interesses dos diferentes costumes portuários e analisar os impactos do aumento da escala dos navios de grande porte. Isso poderia auxiliá-los a tomar medidas mais eficazes sobre como expandir sua infraestrutura e produtividade e determinar a estratégia tarifária portuária que pode ser adotada para atender embarcadores e companhias marítimas atraindo mais cargas e navios (Souza *et al.*, 2021b).

Esta limitação dos portos brasileiros afeta também o mercado de grãos. Atualmente o Brasil é o maior exportador de *commodities* do mundo, ultrapassando os EUA (Cardoso *et al.*, 2025). Segundo a Peduzzi (2021), até 2050 o Brasil poderá superar sua produção de grãos em 500 milhões de toneladas, e para que isso se torne realidade, é necessário que o sistema de transporte marítimo acompanhe a evolução e se adapte aos grandes volumes de cargas que são transportadas todos os anos. Por anos, o Brasil acabou perdendo mercado para a concorrência por ter preços elevados em suas *commodities* e esse resultado se dá pela falta de investimentos e pelos obstáculos que são encontrados na operação de exportação que é realizada com navios de menor porte e, por consequência, feitas mais viagens para suprir a demanda (Silva e Silva, 2021).

O transporte em terra é outro entrave no Brasil. Como exemplo, cita-se a malha ferroviária em operação no Porto de Santos que também é limitada por dificuldades operacionais e de regulação. Foi apresentado como limitações da operação ferroviária fatores como a restrição apenas à circulação noturna aplicada a composições que utilizam a mesma linha férrea das composições de passageiros. Em alguns trechos os trilhos das composições férreas que atendem ao Porto de Santos atravessam terminais marítimos de modo que trens e caminhões em operação atrapalham a atividade de carga e descarga um do outro. Além disso, por diversas vezes caminhões em operação ou à espera de liberação no terminal permanecem sobre os trilhos de modo que bloqueiam a atuação do modo ferroviário (Castro Hilsdorf e Nogueira Neto, 2016).

Dessa forma, problemas no sistema logístico brasileiro afetam toda a cadeia de exportação dos produtos nacionais. Ineficiências das redes de transportes, falta de previsibilidade e altos custos internos de transporte de cargas no Brasil levam a elevados custos logísticos no país que em última instância afetam a eficiência do Porto de Santos uma vez que por se caracterizar como a principal porta de saída de mercadorias brasileiras acaba por refletir

o custo logístico brasileiro em sua operação (Gouveia, 2020).

3.6 Geoprocessamento e Modelagem geográfica

Historicamente, localização dos portos no período colonial era definida por atributos geográficos como relevo, clima e hidrografia (Campos *et al.* 2023). No entanto, a expansão das redes de infraestrutura e das atividades portuárias tem causado a interiorização portuária para áreas distanciadas da costa marítima. Além disso, a necessidade de expansão dos portos para ampliação da infraestrutura e a necessidade por áreas marítimas mais profundas, tem contribuído, também, para a busca de novas áreas e a separação dos portos das grandes cidades.

Uma ferramenta utilizada na busca de novas áreas para a implantação de portos mais modernos e adequados a nova realidade marítima é o geoprocessamento. O geoprocessamento pode ser definido como sendo o conjunto de tecnologias destinadas a coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação. Em linhas gerais o termo geoprocessamento pode ser aplicado a profissionais que trabalham com cartografia digital, processamento digital de imagens e sistemas de informação geográfica (Rosa, 2013). Técnicas de geoprocessamento há tempos são utilizados para o desenvolvimento de projetos de empreendimentos lineares, principalmente rodovias e ferrovias no Brasil (Ramos, 2009, Berberian *et al.*, 2016, Nóbrega *et al.*, 2016) e nos Estados Unidos (Nóbrega e Stich, 2012). Esta ferramenta permite a avaliação de localização ótima de escolas, creches, hospitais e outros empreendimentos ou serviços, e de traçado ótimo para obras lineares (rodovias, ferrovias, canais, linhas de transmissão) (Berberian *et al.*, 2016). Para obras lineares como rodovias e ferrovias, o geoprocessamento é utilizado para auxiliar o processo de modernização do planejamento de transportes por possibilitar o desenvolvimento de modelos multicritérios complexos que podem envolver um elevado número de variáveis e operações requeridas atualmente nos estudos incluindo ambientais, socioeconômicas e culturais em meio às informações tradicionais de engenharia como declividade do terreno e tipo de solo (Nóbrega *et al.*, 2016). O uso de geoprocessamento no planejamento de obras públicas já se encontra consolidado sendo está uma ferramenta de controle já utilizada pelo TCU – Tribunal de Contas da União (Berberian *et al.*, 2016). Isbaex *et al.* (2025) encontrou que entre 2014 e 2024 foram identificadas 530 publicações que revelaram uma tendência de crescimento

significativo na produção científica na área de aplicações, técnicas e ferramentas de SIG no setor marítimo portuário. Este aumento chegou a 8,59% de crescimento anual revelando o interesse e a relevância das tecnologias de SIG no setor marítimo. No entanto, este mesmo estudo demonstrou também uma concentração da pesquisa em poucos centros especializados em estudos marítimos e um número limitado de profissionais atuando simultaneamente nas áreas de geotecnologia e gestão portuária.

Um sistema é um conjunto de entidades relacionadas que interagem entre si com a finalidade de atingir um determinado propósito (Winston, 1993). Além de representar satisfatoriamente o sistema em estudo, uma simulação deve repetir, em um ambiente computacional, o mesmo comportamento que o sistema apresentaria no mundo real. Para tanto, um processo de validação se faz necessário, identificando se os resultados e as interações entre as entidades correspondem com a lógica esperada de funcionamento (Pedreira Junior e Nascimento, 2015; Ortúzar e Willumsen, 2001; Costa, 2023).

Um modelo é a representação simplificada de um sistema, portanto, deve conter detalhes suficientes para que possa ser utilizado com representação válida (Banks, 1998, Costa, 2023). O modelo é uma estruturação simplificada da realidade que supostamente apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes. Os modelos são aproximações altamente subjetivas, por não incluírem todas as observações ou medidas associadas, mas são valiosos por obscurecerem detalhes acidentais e por permitirem o aparecimento dos aspectos fundamentais da realidade. Desta forma, pode-se conceituar modelo como uma apresentação formal de uma teoria que use os instrumentos da lógica, da teoria estabelecida e da matemática. De modo geral, um modelo pode ser definido como uma expressão formal de relações entre entidades definidas em termos físicos ou matemáticos (Rosa, 2013).

Em um sentido amplo, um sistema de informação geográfica (SIG) é um sistema de informação especializado na entrada, gerenciamento, análise e geração de relatórios de informações geográficas (relacionadas espacialmente). Eles transformaram e expandiram a geografia por meio de sua capacidade de armazenar grandes quantidades de dados, analisá-los e, particularmente, representar resultados cartográficos personalizados. Dentre a ampla gama de aplicações potenciais para as quais o SIG pode ser usado, as questões de transportes têm recebido muita atenção, visto que são simultaneamente altamente dependentes de métodos de visualização e análise. Um ramo específico do SIG aplicado a questões de transporte, comumente denominado GIS-T, é uma das áreas pioneiras de aplicação do SIG (Shaw e

Rodrigue, 2024).

A modelagem geográfica para estudos de viabilidade em planejamento de infraestruturas de transporte, introduzida por Nóbrega *et al.*, (2009) vem, aos poucos, ganhando projeção em aplicações práticas e investigações acadêmicas. Em linhas gerais, sua metodologia é apoiada na combinação de análise multicritérios e álgebra de mapas em níveis hierárquicos, devidamente moldados ao propósito do problema (Costa, 2023).

4 METODOLOGIA

A pesquisa engloba em síntese, três atividades sequenciais que resultaram na elaboração de artigos científicos. Contudo, esta tese não reporta os artigos de forma isolada, mas sim no contexto geral da pesquisa. Neste capítulo, a apresentação dos materiais é realizada de forma global a fim de evitar redundância, e os métodos apresentados em sequências para cada um dos trabalhos.

4.1 Materiais

Os materiais utilizados para o desenvolvimento da pesquisa encontram-se listados de maneira global na Tabela 3.

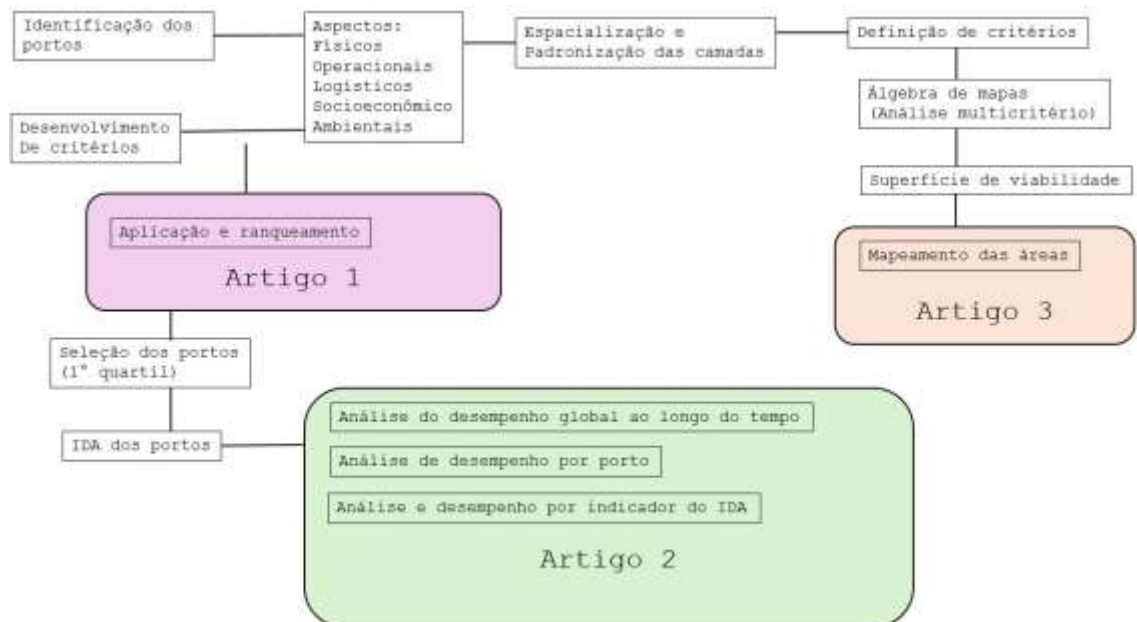
Tabela 3 - Materiais utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

Informação	Fonte	Formato	Link de acesso
Localização dos portos	ANTAQ	vetor	https://web3.ANTAQ.gov.br/ea/sense/index.html#pt
Movimentação portuária	ANTAQ	tabela	https://web3.ANTAQ.gov.br/ea/sense/index.html#pt
Tipo de carga por porto	ANTAQ	tabela	https://web3.ANTAQ.gov.br/ea/sense/index.html#pt
Administração portuária	ANTAQ	tabela	https://web3.ANTAQ.gov.br/ea/sense/index.html#pt
Vias interiores economicamente navegáveis	ANTAQ	vetor	https://www.gov.br/ANTAQ/pt-br/central-de-conteudos/informacoes-geograficas
Imagens de satélite	QGIS Quick Map Services plugin	raster	
Cobertura e uso do solo	Mapbiomas	raster	https://code.earthengine.google.com/
Profundidade	UFSC	vetor	https://smcbrasil.ufsc.br/bases-de-dados/
Áreas densamente edificadas	IBGE	vetor	https://www.geoaplicada.com/dados/base-cartografica-continua/
Unidades de conservação	ANA	vetor	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/9407d38f-84d2-48ea-97dd-ee152c493043
Ferrovias, Hidrovias, Rodovias	IBGE	vetor	https://www.geoaplicada.com/dados/base-cartografica-continua/
Banco de areia, Ilhas, Recifes, Lajes	IBGE	vetor	https://www.geoaplicada.com/dados/base-cartografica-continua/
Linha de costa	SGB	vetor	https://geosgb.sgb.gov.br/geosgb/downloads.html

4.2 Métodos

Para o desenvolvimento deste estudo a pesquisa foi desenvolvida conforme fluxograma abaixo. O desenho metodológico da pesquisa integrou três investigações sequenciais e complementares que resultaram na elaboração de três artigos científicos (Figura 4). O ponto de partida foi a identificação dos portos brasileiros listados no site da ANTAQ (ANTAQ, 2023a) e a partir deste referencial foram analisados e identificados os portos com potencial para operar de navios de maior porte, seguido pela análise do desempenho ambiental destes portos selecionados. Por fim, investigou-se as áreas potenciais para instalação de novos portos ou expansão e portos existentes.

Figura 4 – Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Elaboração própria.

As principais perguntas que nortearam as três linhas de pesquisa foram:

- É possível ordenar os portos com o melhor desempenho operacional e logístico?
- O desempenho operacional e logístico é acompanhado pelo desempenho ambiental?
- Quais as áreas são mais adequadas para construir portos aptos a operar navios pós- Panamax?
 - Os portos já existentes localizam-se nestas áreas mais adequadas?

Os métodos estatísticos e fórmulas matemáticas para alcançar os resultados obtidos

podem ser verificados na Tabela 4.

Tabela 4 - Ferramentas estatísticas e matemáticas para obtenção dos resultados.

Processo	Algoritmo	Ferramenta
Análise estatística (artigo 1)	Somatório, ranqueamento, mediana, quartil, diagrama de Pareto	Tabela - Excel
Análise estatística (artigo 2)	Operações matemáticas (adição, subtração, divisão, contagem de dados, regressão, elaboração de gráficos	Tabela - Excel
Modelagem (artigo 3)	Tratamento de mapas em <i>shapefile</i> , cálculo de proximidade, densidade, interpolação, álgebra de mapas	QGIS versão 3.28.1

4.2.1 Tópico 1: Diagnóstico dos portos brasileiros candidatos potenciais a operar embarcações pós-Panamax

4.2.1.1 Busca dos portos a serem estudados

Para determinar quais os portos seriam analisados com possibilidade de modernização ou aptos para operar navios pós-Panamax, primeiro buscou-se todos os portos cadastrados no sítio eletrônico da ANTAQ (ANTAQ, 2023a). Nesta mesma página foram obtidas também as informações quanto a movimentação portuária e localização dos portos. Esses dados foram repassados para uma planilha do software QGIS versão 3.28.1.

Após esse processo foram desenvolvidos cinco critérios para encontrar dentre os portos registrados quais são os portos passíveis de implementar modernização para operar navios pós- Panamax.

4.2.1.2 Classificação dos portos

1ª etapa: entendimento das características de todos os 210 portos cadastrados no painel estatístico da ANTAQ (ANTAQ, 2023a) quanto a geoespacialização, volume transportado, características geográficas e distribuição regional.

Após geoespacializar a infraestrutura portuária, foram verificadas informações quanto ao uso do solo, profundidade da coluna d'água, presença de grandes conglomerados urbanos e unidades de conservação além da infraestrutura de transporte terrestre adjacente conforme fontes descritas Tabela 3.

4.2.1.3 Desenvolvimento dos critérios

Primeiramente, buscou-se encontrar critérios para que os portos brasileiros fossem caracterizados e ranqueados quanto as suas características físicas, logísticas e de acesso para detectar quais os portos apresentam vantagens frente ao crescimento dos navios. Ao final, foram construídos cinco critérios os quais foram entendidos como os mais adequados para se fazer esta primeira classificação dos portos nacionais. Esses critérios foram baseados em literatura específica sobre o assunto que descrevem quais as necessidades de um porto para receber e operar navios pós- Panamax. Como por exemplo Nottebom (2022): para atender navios com tais proporções, é necessário centenas de hectares de terra e de água, com infraestrutura para rodovias e ferrovias ou armazéns e áreas industriais, além de berços para acomodar grandes navios e terminais capazes de operar enormes quantidades de bens. Assim, chegou-se aos seguintes critérios:

- ✓ Profundidade do porto;
- ✓ Espaço em terra;
- ✓ Operações de dragagem;
- ✓ Acessibilidade aos portos;
- ✓ Conectividade por terra e água.

Um sistema de pontuação foi desenvolvido para determinar a performance de cada porto considerando estes cinco critérios. Desta forma foi aplicado um valor numérico para as diferentes possibilidades de cada critério para avaliar a performance e o ranking de cada porto. A pontuação foi desenvolvida de forma arbitrária com valores equidistantes entre 0, 5 e 10, sendo 0 os piores desempenhos e 10 o melhor. Para o critério de infraestrutura de transporte foi adicionado o valor 7 porque foram identificadas 4 situações distintas e foi atribuído a nota 7 para a situação próxima ao ideal.

A metodologia de pontuação classifica portos baseado em atributos específicos demonstrando quais portos possuem características adequadas para receber e operar navios pós-Panamax de acordo com as demandas atuais. Para isso, foram avaliados a profundidade da coluna d'água, com uma alta pontuação para os portos com canais mais profundos, essenciais para a segurança da navegação. Similarmente, o critério de capacidade em terra favorece os portos com áreas disponíveis para a expansão dos portos permitindo o seu desenvolvimento. No entanto, os sistemas que necessitam de manutenção por dragagens receberam notas mais baixas, e estas variaram com a frequência com que as dragagens ocorreram. Outro aspecto considerado foi a facilidade de navegação e a acessibilidade do porto recebeu pontuações

mais altas considerando a ausência de obstáculos no canal de acesso. Ainda, a conectividade em terra com portos recebeu notas mais elevadas quando os portos são alimentados por rodovias, ferrovias, dutovias e hidrovias eficientes para escoar e receber a carga com agilidade e rapidez.

4.2.1.4 Aplicação dos critérios

A pontuação aplicada pode ser acompanhada na Tabela 5.

Tabela 5 - Descrição da pontuação aplicada para cada critério.

Critério	Fator	Descrição	Pontuação
Calado máximo de operação	Capacidade alta	O porto possui profundidade de água suficiente para acomodar navios pós-Panamax com calado igual ou superior a 15 metros, garantindo a navegação segura e operações eficientes.	10
	Capacidade moderada	O porto oferece moderada profundidade, com capacidade para acomodar navios de calado entre 10 e 15 metros.	5
	Capacidade limitada	O porto apresenta limitação de profundidade, adequado apenas para embarcações com calado inferior a 10 metros, o que representa um desafio para acomodar navios maiores.	0
Capacidade de expansão em terra	Disponibilidade de expansão	O porto se beneficia de vastas áreas terrestres em seu entorno, livres de cidades e áreas protegidas, proporcionando amplo espaço para expansão e desenvolvimento de instalações para atender às demandas de embarcações maiores.	10
	Disponibilidade limitada de expansão	Embora o porto tenha algumas áreas disponíveis para expansão, seu potencial de desenvolvimento é limitado em certas direções, limitando sua capacidade de operar embarcações maiores.	5
	Disponibilidade restrita de expansão	A disponibilidade de áreas ao redor do porto é severamente limitada, sem oportunidade de desenvolvimento. Isso restringe a capacidade do porto de expandir e modernizar suas instalações.	0
Dragagem	Mínima frequência de dragagem	O porto requer mínima frequência de dragagem de manutenção, indicando condições de vias navegáveis relativamente estáveis. A dragagem de aprofundamento é realizada uma vez a cada cinco anos ou mais tempo, garantindo vias seguras de navegação.	10
	Moderada frequência de dragagem	A dragagem de manutenção neste porto é moderada, ocorrendo em intervalos entre 1 e 5 anos. Isso garante hidrovias navegáveis ao mesmo tempo que equilibra a necessidade de dragagens.	5
	Alta frequência de dragagem	O porto necessita de dragagens de manutenção frequentes, sendo necessária pelo menos uma dragagem por ano para manter as vias navegáveis para embarcações.	0
Acessibilidade por água	Ótimas condições de navegabilidade	O porto oferece condições ideais de navegação, caracterizadas por canais largos, obstáculos mínimos e nenhuma curva facilitando manobras seguras e eficientes.	10
	Moderada condição de navegabilidade	Embora a navegação dentro do porto seja geralmente administrável, existem alguns desafios moderados de navegação, como canais estreitos ou obstáculos ocasionais que exigem manobras cuidadosas das embarcações.	5
	Alta dificuldade de navegação	A navegação neste porto apresenta obstáculos significativos como pontes, curvas ou canais estritos, dificultando as manobras e representando desafios para a navegação segura.	0
Conectividade de vias de transporte	Robusta conectividade de transporte	O porto se beneficia de uma rede de transporte robusta, incluindo ferrovias, rodovias federais e conexões interiores por hidrovias, melhorando a movimentação de cargas e a acessibilidade ao porto.	10
	Adequada	Abrange a existência de dois modais disponíveis, sejam eles:	7

Critério	Fator	Descrição	Pontuação
	conectividade de transporte	ferrovia, rodovia federal ou conexões por hidrovias interiores. Essa configuração melhora a movimentação de carga e a acessibilidade portuária, fornecendo um nível razoável de infraestrutura de transporte para dar suporte a operações logísticas eficientes.	
	Limitada conectividade de transporte	Neste cenário, o porto tem infraestrutura de transporte limitada, com acesso a apenas um modo de transporte como ferrovia, rodovia federal ou hidrovias. Embora este nível básico de conectividade permita alguma movimentação de carga, pode não ser suficiente para atender às demandas operacionais de transporte modernas.	5
	Mínima conectividade de transporte	O porto não tem ferrovia, rodovia federal ou hidrovias o que pode impedir a movimentação eficiente de cargas e representar desafios logísticos no transporte de mercadorias de e para o porto.	0

✓ Profundidade da coluna d'água e dragagem

A informação sobre a profundidade dos canais de acesso foi pesquisada buscando inicialmente qual o calado dos navios que cada porto é capaz de receber. No entanto, há portos menores, principalmente os interiores, localizados em rios, que esta informação não foi encontrada diretamente, então buscou-se a informação da profundidade média dos rios, ou qual o tipo de embarcação transita na hidrovia para buscar a informação do calado (como exemplo os portos de Salinas) ou o calado do porto principal da região como no caso dos portos de Manaus e Rio Branco (por exemplo). Estas informações foram pesquisadas em consultas a licenças de instalação, publicações de jornais, revistas científicas, teses de doutorado e mestrado, publicações oficiais do governo federal, página da Transpetro, entre outras (Tabela 6). Nesta mesma pesquisa, buscou-se também informações sobre a frequência de execução de dragagens.

Tabela 6 - Fontes de informação sobre a profundidade e execução de dragagem dos portos.

Porto	Fontes de informações sobre profundidade e dragagens nos portos
Porto de Açú	https://portodoacu.com.br/wp-content/uploads/2018/02/Porto_do_Acu_T-Mult.pdf
Porto de Alumar, Itaqui e Ponta da Madeira	https://www.praticagemdobrasil.org.br/praticagem/zonas-de-praticagem/#toggle-id-4
Porto de Angra dos Reis	https://www.portosrio.gov.br/sites/default/files/2023-03/loin053188.pdf https://www.portosrio.gov.br/pt-br/portos/porto-de-angra-dos-reis/caracteristicas#:~:text=Cais%20acost%C3%A1vel%20com%20calado%20operacional%20de%2010%20metros.&text=O%20Porto%20de%20Angra%20dos,toneladas%20e%2040%20Mil%20BBL.
Porto de Antonina	https://www.portosdoparana.pr.gov.br/Operacional/Pagina/Calados https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Com-novo-calado-Porto-de-Antonina-pode-movimentar-4-mil-toneladas-mais-por-navio https://www.gazetadopovo.com.br/economia/apos-10-anos-porto-de-antonina-tera-processo-de-dragagem-1v0jsjl4v273oc7rowhaitq32/ https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Com-programa-de-dragagem-Porto-de-Antonina-passa-receber-navios-de-maior-capacidade
Portos de Aratu, Salvador e Ilhéus	https://www.codeba.gov.br/eficiente/sites/portalcodedba/pt-br/site.php?secao=dragagens&sm=menu_esquerdo_meio_ambiente https://www.codeba.gov.br/eficiente/sites/portalcodedba/pt-br/home.php
Porto de Areia	https://codern.com.br/wp-content/uploads/2021/04/PDZ-do-Porto-Organizado-de-Areia-Branca-

Porto	Fontes de informações sobre profundidade e dragagens nos portos
Branca	2021.pdf
Porto de Barra do Riacho	Plano Mestre do Porto de Barra do Riacho https://portogente.com.br/feiraglobal/comunidades-portuarias/106878-sobre-o-porto-de-barra-do-riacho https://portogente.com.br/artigos/23466-terminal-tornara-es-um-dos-maiores-exportadores-de-glp
Porto de Belém	https://www.semas.pa.gov.br/2024/07/04/semas-autoriza-dragagem-no-porto-de-belem-em-preparacao-para-cop-30/ https://www.cdp.com.br/programacao-de-navios-porto-de-belem/
Porto Bianchini (Canoas)	https://www.portosrs.com.br/site/comunidade_portuaria/tups/bianchini_canoas
Porto Brasfels	https://tnpetroleo.com.br/noticia/licenca-para-dragagem-do-brasfels-so-sai-em-agosto/?page=2
Porto de Cabedelo	https://portodecabedelo.pb.gov.br/2023/04/17/dragagem-do-porto-de-cabedelo-ja-esta-73-concluida-e-tem-previsao-de-entrega-para-19-de-junho/
Porto de Caracará	https://www.caer.com.br/rios/
Porto de Cruzeiro do Sul	https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/5747
Estaleiro Jurong	https://www.seculodiario.com.br/meio-ambiente/jurong-ate-hoje-nao-compensou-pescadores-por-impactos-de-dragagem/#:~:text=Depois%20de%20quase%2018%20meses,in%C3%BAmeros%20impactos%20gerados%20pelo%20empreendimento.
Porto de Forno	https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/centrais-de-conteudo/fno-rel-verso-final-pdf https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/centrais-de-conteudo/pdz09-pdf
Porto de Fortaleza	https://centronave.org.br/obras-de-dragagem-do-porto-de-fortaleza-estao-em-fase-de-conclusao-plenario/
Porto de Imbituba	https://portodeimbituba.com.br/dragagem/ https://portodeimbituba.com.br/aceessos-e-localizacao/
Porto de Inácio Barbosa	https://licenciamento.ibama.gov.br/Dragagem/Dragagem%20-%20Terminal%20Mar%C3%ADtimo%20In%C3%A1cio%20Barbosa%20-%20TEMIB/TMIB/Cap%C3%ADtulos/PDF/6.4%20Analise%20Integrada%20rev00.pdf https://engpect.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/10/gt2-13-o-setor-portuc3a1rio-de-sergipe.pdf https://sedetec.se.gov.br/visita-ao-porto-de-sergipe/
Porto de Itaguaí	https://www.portosrio.gov.br/pt-br/sustentabilidade/dados-ambientais-estudos-convenios/dragagens
Porto de Itajaí	https://itajai.sc.gov.br/noticias/31139/dragagem-do-canal-de-acesso-ao-porto-de-itajai-reduz-impactos-das-cheias-na-cidade https://www.portoitajai.com.br/infraestrutura
Porto de Itapoá	https://www.portoitapoa.com/porto-itapoa-onde-os-grandes-navios-se-encontram/
Porto de Itaquí	https://www.portodoitaqui.com/_files/arquivos/DRAGAGEM-RIMA-FINAL-10.11.pdf http://web.ANTAQ.gov.br/Sistemas/WebServiceLeilao/DocumentoUpload/Audiencia%2060/3%20-%20Estudo%20-%20Se%C3%A7%C3%A3o%20A%20-%20Apresenta%C3%A7%C3%A3o.pdf https://www.portodoitaqui.com/imprensa/galeria-de-fotos/album/43 https://www.portodoitaqui.com/_files/arquivos/PBA-DRAGAGEM-Porto-do-Itaqui-2016.pdf
Porto de Luciano Villas Boas	https://www.icmbio.gov.br/cepene/images/stories/publicacoes/btc/vol16/Art01-V16.pdf https://ci.fdc.org.br/AcervoDigital/Casos/Casos%202004/0401%20Caso%20Aracruz%20-%20portugu%C3%AAs.pdf?Mobile=1&Source=%2F%5Flayouts%2F15%2Fmobile%25 https://oceanografia.ufes.br/sites/oceanografia.ufes.br/files/field/anexo/TARCILA%20FRANCO.pdf
Porto de Maceió	https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/ordem-de-servico-da-dragagem-do-porto-de-maceio-e-assinada https://www.portodemaceio.com.br/porta/infraestrutura
Portos localizados no rio Madeira	https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202308/dnit-conclui-mais-um-ciclo-de-dragagem-do-rio-madeira https://www.marinha.mil.br/cfpv/sites/www.marinha.mil.br/cfpv/files/port-53-2023-cfpv-proibicao_navegacao_noturna_pvh_passagem-urua-extra-mb_0.pdf
Porto de Manaus e próximos	https://www.gov.br/transportes/pt-br/centrais-de-conteudo/se19-pdf
Porto de Murucupi e Ponta da Montanha	http://antigo.infraestrutura.gov.br/images/SNP/planejamento_portuario/planos_mestres/versao_preliminar/vp06.pdf
Porto de Natal	https://www.fenccovib.org.br/dragagem-do-porto-de-natal-tem-data-marcada/ https://www.codern.com.br/p/informacoes-tecnicas-2
Porto de Niterói	https://portosrio.gov.br/sites/default/files/inline-files/rio-ntr-rel-vf-vol-1-complexo-portuario-rio-de-

Porto	Fontes de informações sobre profundidade e dragagens nos portos janeiro-e-niteroi.pdf
Porto de Pecém	https://www.complexodopecem.com.br/porto-do-pecem-eleva-capacidade-operacional-com-nova-batimetria/#:~:text=Agora%20com%20a%20homologa%C3%A7%C3%A3o%20das.entre%20as%20maiores%20do%20mundo.
Porto de Pelotas	https://www.gov.br/economia/pt-br/orgaos/seppi/noticias-1/governo-qualifica-no-ppi-o-canal-de-sao-goncalo-e-a-hidrovia-da-lagoa-mirim-no-rs https://www.portosrs.com.br/site/comunidade_portuaria/pelotas/localizacao
Porto de Ponta da Madeira	https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/2462 https://www.portodoitaqui.com/_files/arquivos/plano-mestre.pdf
Porto de Ponta do Ubu	https://licenciamento.ibama.gov.br/Porto/Terminal%20Maritmo%20de%20Ubu/CPM%20RT%20109-11%20-%20RCA%20e%20PCA%20Porto%20de%20Ubu%20-%20Rev.00.pdf
Porto de Porto Alegre	https://www.jornaldocomercio.com/economia/2023/02/1095881-dragagens-previstas-devem-aprimorar-modal-hidroviario-gaucha.html https://www.portosrs.com.br/site/comunidade_portuaria/porto_alegre/localizacao
Porto Salina Diamante Branco, Guanabara e Francisco Menescal	http://web.ANTAQ.gov.br/Sistemas/WebServiceLeilao/DocumentoUpload/Audiencia%2095/TERSAB__Secao_A__Apresentacao_rev02.pdf
Portos Sudeste de Brasil	https://www.portosudeste.com/media/c4xbb2sh/relatorio_2023_pt.pdf
Portocel	https://www.seculodiario.com.br/meio-ambiente/dragagem-do-portocel-afeta-pesca-em-barra-do-sahy-e-barra-do-riacho/ https://www.marinha.mil.br/cpes/sites/www.marinha.mil.br/cpes/files/Terminal%20Especializado%20de%20Barra%20do%20Riacho%20PORTOCEL_0.pdf
Portonave	https://diarinho.net/materia/648550/Superintendencia-do-Porto-e-multada-em-R--200-mil-por-falta-de-dragagem-no-canal-portuario-- https://www.portonave.com.br/pt/noticias/terminal-recebe-um-dos-maiores-navios-de-containers-do-pais/
Portos do Paraná e Paranaguá	https://www.portosdoparana.pr.gov.br/Noticia/Portos-do-Parana-inicia-nova-fase-da-campanha-de-dragagem-de-manutencao#:~:text=A%20Portos%20do%20Paran%C3%A1%20deu,%C3%A1reas%20Delta%201%20e%202). https://www.portosdoparana.pr.gov.br/Operacional/Pagina/Calados
Porto de Recife	https://www.folhape.com.br/economia/porto-do-recife-inicia-dragagem/213649/ https://www.portodorecife.pe.gov.br/porto_cidade.php#:~:text=Atualmente%20o%20Porto%20do%20Recife,11%2C20%20metros%20de%20calado.
Porto do Rio de Janeiro	https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/dragagem-do-porto-do-rio-e-concluida https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2023/03/26/porto-do-rio-passa-por-obras-de-dragagem-para-receber-navios-de-maior-porte.ghtml https://www.portosrio.gov.br/sites/default/files/inline-files/IN.14.001.08%202.1.pdf
Portos localizados no rio dos Sinos (RS)	https://www.sema.rs.gov.br/governo-do-estado-faz-parceria-para-desassorear-o-rio-dos-sinos-5862cbf6afd55 https://www.portosrs.com.br/site/ https://www.portosrs.com.br/site/estrutural/hidrovias/malha_hidroviaria
Porto de Rio Grande	https://www.sdaergs.com.br/noticias/reuniao-do-cap-em-pelotas-garante-dragagem-permanente-que-permitira-maior-movimentacao-de-navios-no-porto/4777 https://www.researchgate.net/profile/Ronaldo-Torres-3/publication/268254405_Uma_Analise_Preliminar_dos_Processos_de_Dragagem_do_Porto_de_Rio_Grande_RS/links/579b9aba08ae6a2882f1a839/Uma-Analise-Preliminar-dos-Processos-de-Dragagem-do-Porto-de-Rio-Grande-RS.pdf https://www.portosrs.com.br/site/estrutural/estruturacao_portuaria/areas_de_fundeio
Portos localizados no rio Gravataí	https://www.estado.rs.gov.br/dragagem-no-rio-gravatai-e-a-mais-complexa-em-toda-hidrovia-gaucha#:~:text=Dragagem%20no%20Rio%20Gravata%C3%AD%20%C3%A9%20a%20mais%20complexa%20em%20toda%20hidrovia%20ga%C3%BAcha,-Publica%C3%A7%C3%A3o%3A%2008%2F04&text=Dos%20758%20quil%C3%B4metros%20que%20comp%C3%B5em,dos%20mais%20cr%C3%ADticos%20para%20manuten%C3%A7%C3%A3o. https://www.portosrs.com.br/site/estrutural/hidrovias/malha_hidroviaria
Portos localizados rio Jacuí, dos Sinos, Caí, Lagoa dos Patos, lago	https://www.portosrs.com.br/site/estrutural/hidrovias/malha_hidroviaria https://transportes.rs.gov.br/comeca-dragagem-da-hidrovia-do-jacui

Porto	Fontes de informações sobre profundidade e dragagens nos portos
Guaíba, Taquari, Gravataí, Caí e São Gonçalo	
Portos localizados no rio Madeira	<p>https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/comeca-dragagem-rio-madeira https://cnt.org.br/agencia-cnt/contrato-garante-dragagem-do-madeira-por-cinco-anos https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/dnit-assina-ordem-de-servico-para-dragagem-no-rio-madeira#:~:text=A%20autarquia%20incorporou%20esses%20projetos,e%20social%20da%20regi%C3%A3o%20amaz%C3%B4nica https://www.tudorondonia.com/noticias/dnit-assina-ordem-de-servico-para-dragagem-no-rio-madeira,125256.shtml https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202308/dnit-conclui-mais-um-ciclo-de-dragagem-do-rio-madeira https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/dnit-inicia-campanha-de-dragagem-do-rio-madeira-no-amazonas-e-em-rondonia#:~:text=Para%20aumentar%20a%20confiabilidade%20da,no%20Amazonas%20e%20em%20Rond%C3%B4nia https://aca.org.br/consultorias/dragagem-dos-rios-madeira-e-amazonas-permitira-o-transporte-fluvial-na-regiao-durante-todo-o-ano/ https://portalnorte.com.br/noticias/seca-na-amazonia/2023/11/08/dragagem-do-rio-madeira-escoamento-amazonas/#:~:text=no%20seu%20WhatsApp,A%20dragagem%20emergencial%20do%20Rio%20Madeira%20est%C3%A1%20em%20ritmo%20acelerado,Infraestrutura%20de%20Transportes%20(DNIT) https://www.emrondonia.com/porto-velho/estiagem-rio-madeira-passa-por-dragagem-entre-porto-velho-e-manicore/ https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/12/governo-federal-conclui-ciclo-de-dragagem-no-rio-madeira-em-rondonia#:~:text=Para%20promover%20uma%20navega%C3%A7%C3%A3o%20segura,em%20Porto%20Velho%20(RO) https://cnt.org.br/agencia-cnt/retomada-dragagem-no-rio-madeira-em-rondonia https://bncamazonas.com.br/municipios/rio/ https://www.simmem.org.br/servicos-de-dragagem-no-rio-madeira-seguem-em-curso/#:~:text=O%20contrato%20abrange%20os%20pontos,trabalho%20at%C3%A9%20junho%20de%202025</p>
Portos localizados no rio Paraguai	<p>https://www.semadesc.ms.gov.br/comeca-dragagem-em-pontos-criticos-do-rio-paraguai-obra-e-necessaria-tambem-em-ms/ https://www.marinha.mil.br/chn-6/?q=alturaAnterioresRios</p>
Portos localizados no rio Tietê	<p>http://www.dae.sp.gov.br/site/dae-detalha-acoes-de-desassoreamento-do-rio-tiete-a-representantes-de-14-municipios/ https://www.aecweb.com.br/revista/noticias/obras-de-desassoreamento-do-rio-tiete-comecam-em-itaquaquetuba/15765 https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br/chm/files/hidrovia-tiete/tiete-1_2022.pdf</p>
Porto de Santana e próximos	<p>https://www.gov.br/ANTAQ/pt-br/noticias/2023/aprovado-edital-de-leilao-para-terminal-em-santana https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/transporte-aquaviario/planejamento-portuario/plano-de-desenvolvimento-e-zoneamento-pdz/arquivos-pdz/pdz-santana-aprovado-pela-portaria-minfra-no-1515-e-alterado-pela-portaria-minfra-no-1694.pdf http://www.docasdesantana.com.br/index.php/component/content/category/12-informacoes-operacionais</p>
Porto de Santarém	<p>https://cdp.com.br/wp-content/uploads/2021/07/Relatorio-do-PDZ-Santarem.pdf http://www.docasdesantana.com.br/index.php/component/content/category/12-informacoes-operacionais</p>
Porto de Santos	<p>https://fateclog.com.br/anais/2021/parte4/710-945-1-RV.pdf https://fateclog.com.br/anais/2019/A%20NECESSIDADE%20DA%20DRAGAGEM%20NO%20PORTO%20DE%20SANTOS.pdf https://www.scielo.br/j/rbrh/a/cqnYPdcBDb5mwd7Jqwc6dH/?lang=en https://www.portodesantos.com.br/informacoes-operacionais/dragagem/ https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=94&SUMARIO=1132 https://www.portodesantos.com.br/informacoes-operacionais/operacoes-portuarias/calados-operacionais-dos-bercos-de-atracacao/</p>
Porto de São Francisco do Sul	<p>https://estado.sc.gov.br/noticias/concluida-a-dragagem-de-dois-bercos-de-atracacao-no-porto-de-sao-francisco-do-sul/ https://portosaofrancisco.com.br/caracteristicas/#:~:text=Em%20termos%20de%20estrutura%20natural,as%20C3%A1reas%20de%20fundeadouros%20oficiais</p>

Porto	Fontes de informações sobre profundidade e dragagens nos portos
Porto de São Sebastião	https://portoss.sp.gov.br/dragagem/ https://portoss.sp.gov.br/wp-content/uploads/Documentos/Infraestrutura%20Portu%C3%A1ria/Calado/Portaria-006-2024-DIRPRE.pdf https://portalbenews.com.br/porto-de-sao-sebastiao-deve-retomar-dragagem-em-junho/ https://portoss.sp.gov.br/apos-adequacao-projeto-de-ampliacao-do-porto-reduz-area-e-nao-tera-intervencao-no-mangue/
Porto de Suape	https://www.suape.pe.gov.br/pt/meio-ambiente-2/dragagens https://www.suape.pe.gov.br/pt/porto/infraestrutura-portuaria/parametros-cais-e-profundidades-tpb-e-loa
Porto de Tapajós	https://www.tapajosdefato.com.br/noticia/1307/dragagem-no-rio-tapajos-obra-milionaria-e-mais-um-exemplo-de-como-a-regiao-de-itaituba-tem-sido-afetada-pela-infraestrutura-predatoria-do-agronegocio https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/aquaviario/old/hidrovia-do-tapajos-teles-pires
Terbian	https://bianchinisa.com.br/informativo/dragagem-no-terbian/ https://www.portosrs.com.br/site/public/documents/guia_portos/Guia_do_Sistema_Hidroportuario_Gaicho.pdf
Terminal de Barcaças Oceânicas	https://brasil.arcelormittal.com/sala-imprensa/publicacoes-relatorios/brasil/normas-para-trafego-permanencia-de-navios-tbo http://web.ANTAQ.gov.br/Sistemas/WebServiceLeilao/DocumentoUpload/Audiencia%2070/2_Anexo_2_PDZ_Vitoria.pdf
Terminal de Praia Mole	https://iema.es.gov.br/Media/iema/Downloads/RIMAS/RIMAS_2008/2017.04.06%20-%20RIMA_RT_520_08.pdf https://brasil.arcelormittal.com/sala-imprensa/publicacoes-relatorios/brasil/normas-para-trafego-permanencia-de-navios-tbo https://sindamares.com.br/wp-content/uploads/2023/06/Praia-Mole-2.pdf
Terminal Marítimo Luiz Fogliatto	https://www.portosrs.com.br/site/comunidade_portuaria/tups/termasa
Porto de Tubarão	https://www.westernredging.org/phocadownload/ConferencePresentations/2007_BrazilChapter/Session4B-DredgingToolsAndProjects/2%20-%20Rafael%20-%20Dredging%20Port%20Tubarao.pdf https://iema.es.gov.br/Media/iema/Downloads/RIMAS/RIMAS_2010/Dragagem%20Tubar%C3%A3o/RIMA%20-%20CPM%20RT%20008-10.pdf https://www.marinha.mil.br/cpes/sites/www.marinha.mil.br/cpes/files/Porto%20de%20Tubar%C3%A3o%20e%20Praia%20Mole.pdf
Porto de Vila do Conde	https://www.cm-viladoconde.pt/comunicacao/gabinete-de-comunicacao/noticias/arquivo-de-noticias/noticia/dragagem-de-emergencia-do-porto-de-vila-do-conde https://www.cdp.com.br/companhia-docas-do-para/porto-de-vila-do-conde/ https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transporte_aquaviario-antigo/noticias-portos/calado-para-acesso-a-vila-do-conde-atinge-128-metros https://www.cdp.com.br/programacao-de-navio-do-porto-de-vila-do-conde/
Porto Vitória	https://portalportuario.cl/porto-de-vitoria-retoma-manobras-teste-para-12-5m-de-calado/ https://sopesp.com.br/2022/03/03/porto-de-vitoria-conclui-dragagem-e-retoma-calado-maximo-de-125-metros/

✓ Capacidade de expansão em terra

Para avaliar os portos em relação a este critério, foram utilizadas imagens de satélite e informações de uso do solo e presença de unidades de conservação e/ou grandes conglomerados urbanos para analisar a disponibilidade de expansão do porto. Foram consideradas como mais restritivas a presença de cidades no entorno e áreas de preservação permanente. Os tipos de uso como pastagens e agricultura foram considerados menos restritivos. A seguir é apresentado o fluxograma para aplicação deste critério (Figura 5).

Figura 5 - Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Elaboração própria.

Como exemplo da aplicação deste critério, na Figura 6 destaca-se os portos de São Sebastião e o Terminal Aquaviário de São Sebastião no litoral norte de São Paulo. O primeiro passo consistiu na visualização de presença/ausência de áreas críticas para expansão dos portos em terra utilizando o *plugin* do QGIS *Quick Map Services*. Os pontos em laranja representam os municípios onde os portos estão localizados.

Figura 6 – Vista preliminar da área em torno do porto de São Sebastião e Terminal Aquaviário de São Sebastião em São Paulo utilizando o plugin Quick Map Service do QGIS.

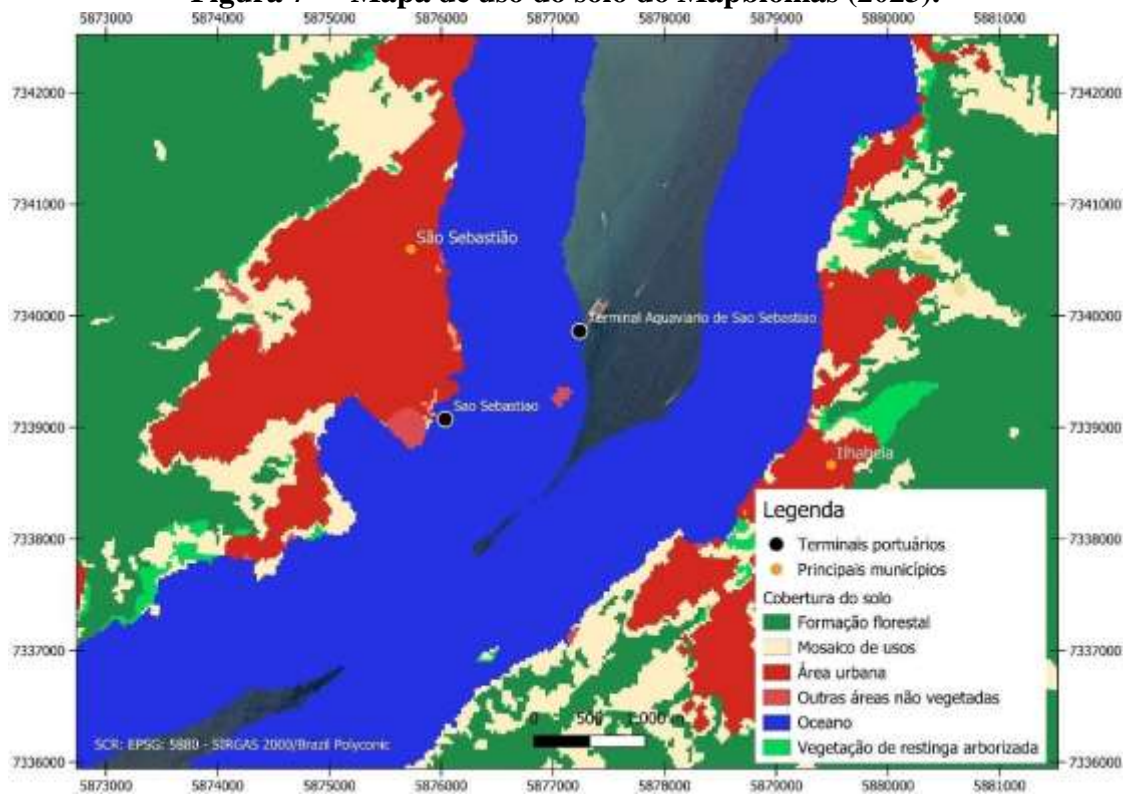


Fonte: Elaboração própria.

Esta análise preliminar indicou que estes portos estão localizados em área de grandes conglomerados urbanos e formações florestais. Para confirmar esta percepção, foi aplicado o segundo passo que consistiu na utilização dos mapas de uso do solo do Mapbiomas (2023)

(Figura 7). Este segundo mapa revelou que no entorno destes portos há forte presença de conglomerados urbanos (vermelho escuro) áreas de vegetação rasteira compostas por um mosaico de terrenos abertos, agricultura e pastagem (amarelo claro) considerado um impeditivo não tão grave para a expansão do porto. No entanto, a área mais proeminente em verde escuro representa área de formação florestal e estas áreas poderiam configurar em área de preservação permanente.

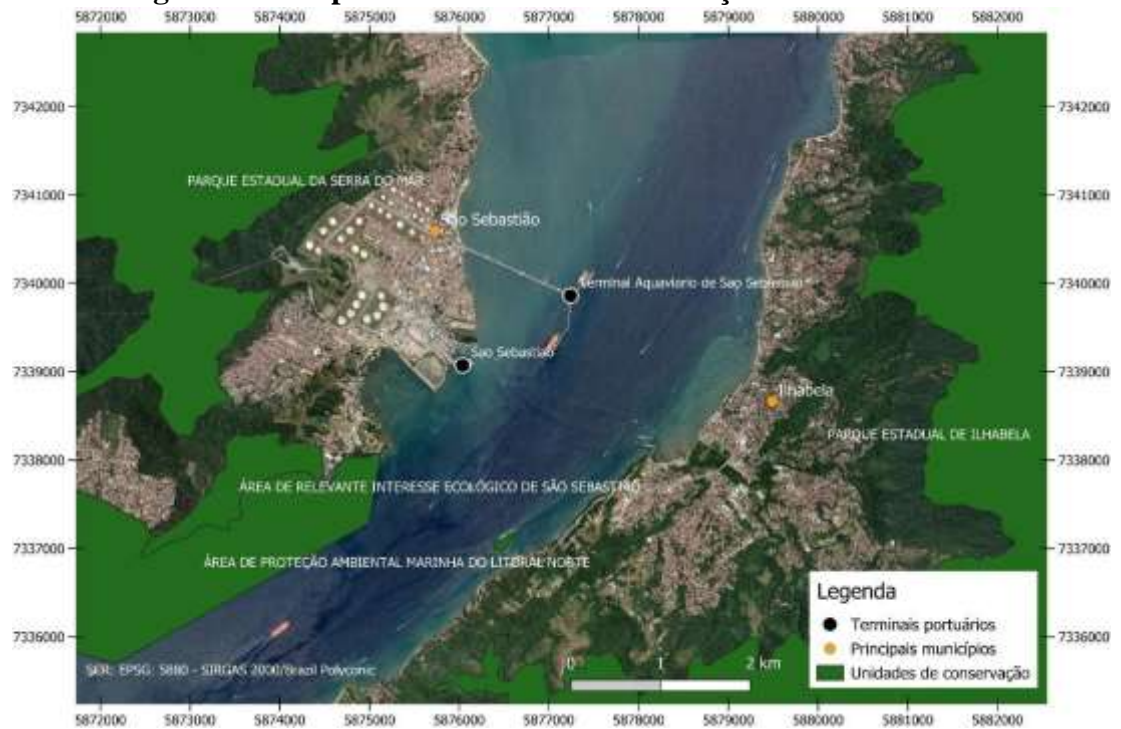
Figura 7 - Mapa de uso do solo do Mapbiomas (2023).



Fonte: Elaboração própria.

Para resolver esta questão, foi utilizado as informações do Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais (CSR/UFMG) com informações específicas das unidades de conservação e foi observado que as áreas de formação florestal observadas consistem em três áreas protegidas: Parque Estadual da Serra do Mar, Área de Relevante Interesse Ecológico de São Sebastião e Parque Estadual de Ilhabela e, portanto, estes dois terminais receberam nota mínima neste quesito. Cabe ressaltar que a topografia altamente acidentada da região configura alta impedância para a execução de projetos de grande porte que necessitem de terraplenagem (Figura 8).

Figura 8 - Mapa de Unidades de Conservação do Brasil.



Fonte: Elaboração própria.

Como um exemplo de porto nota máxima neste critério, destaca-se o Terminal Marítimo Inácio Barbosa, no município de Barra dos Coqueiros, Sergipe. A análise preliminar indicou que este porto não apresenta maiores impeditivos para seu desenvolvimento em terra como a presença de grandes cidades ou áreas de proteção ambiental críticas (Figura 9).

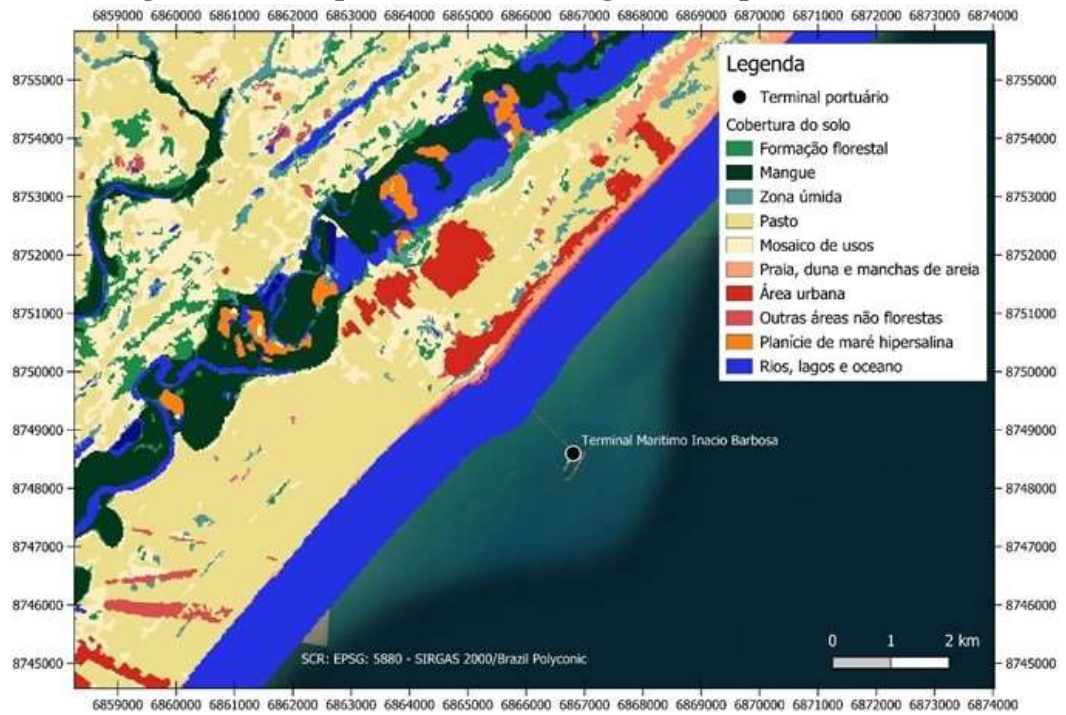
Figura 9 - Vista preliminar da área no entorno do Terminal Marítimo Inácio Barbosa (Barra dos Coqueiros/SE) utilizando o plugin Quick Map Service do QGIS.



Fonte: Elaboração própria.

Para certificação, foi utilizado o mapa de uso do solo do Mapbiomas. Foi observado que o entorno do porto é formado predominantemente por outras formações florestais (amarelo escuro) e área urbana (vermelho escuro) e o mapa de unidades de conservação confirmou não haver existência de unidades de conservação nesta região (Figura 10).

Figura 10 - Mapa de uso do solo segundo Mapbiomas (2023).



Fonte: Elaboração própria.

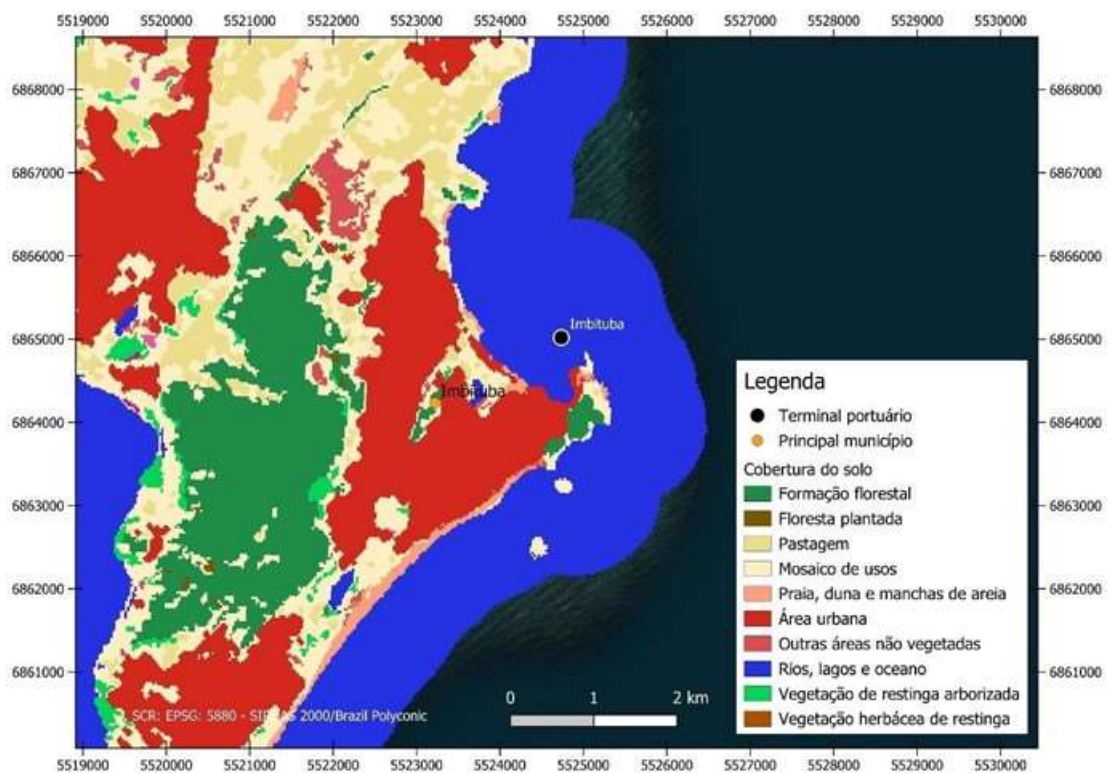
Como exemplo de um porto nota média neste critério foi utilizado o porto de Imbituba, na cidade de Imbituba, Santa Catarina. Este porto está envolvido por área urbana, no entanto, existe espaços livres de grandes conglomerados urbanos. Não foi verificada a presença de unidades de conservação (Figura 11 e Figura 12).

Figura 11 - Vista preliminar da área do entorno do porto de Imbituba em Santa Catarina.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 12 – Mapa de uso do solo do Mapbiomas (2023).



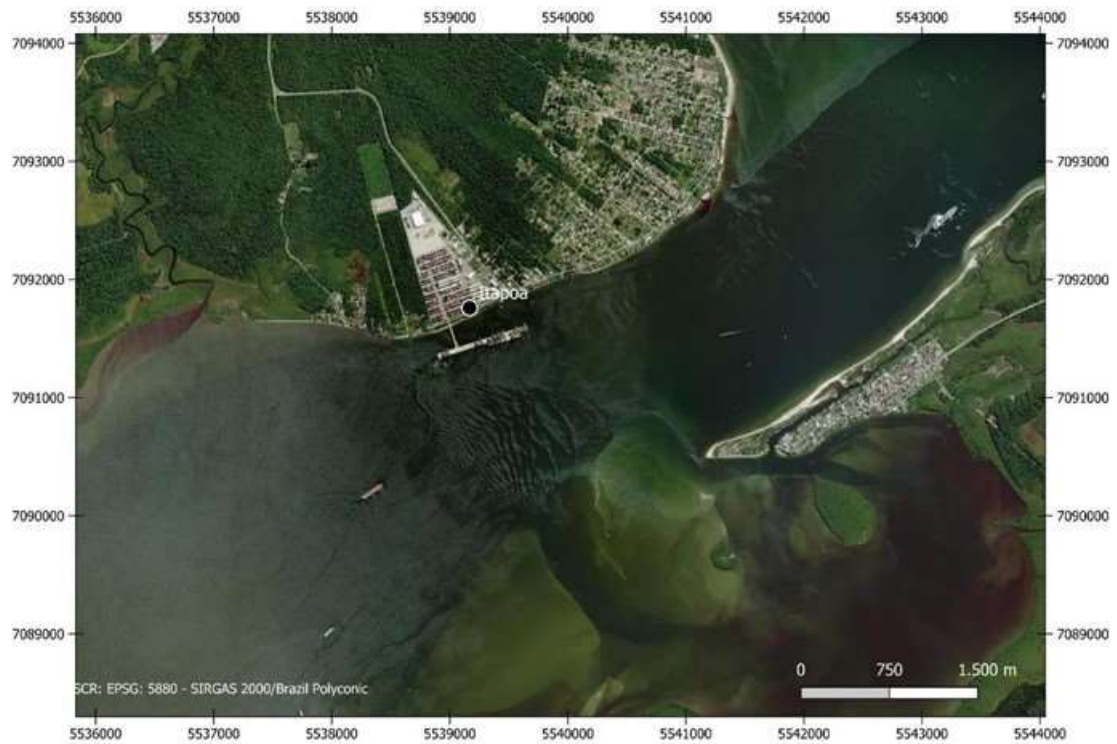
Fonte: Elaboração própria.

✓ Acessibilidade do canal de acesso ao porto

Para avaliar a acessibilidade do canal de acesso ao porto, a presença de impeditivos para a segurança da navegação e a ocorrência de obstáculos, foram utilizadas imagens de satélite do plugin *Quick map services* do QGIS.

Como exemplo de um porto nota máxima destaca-se o porto de Itapoá, município de Itapoá, Santa Catarina (Figura 13). A imagem de satélite mostra que não há maiores obstáculos para o movimento dos navios.

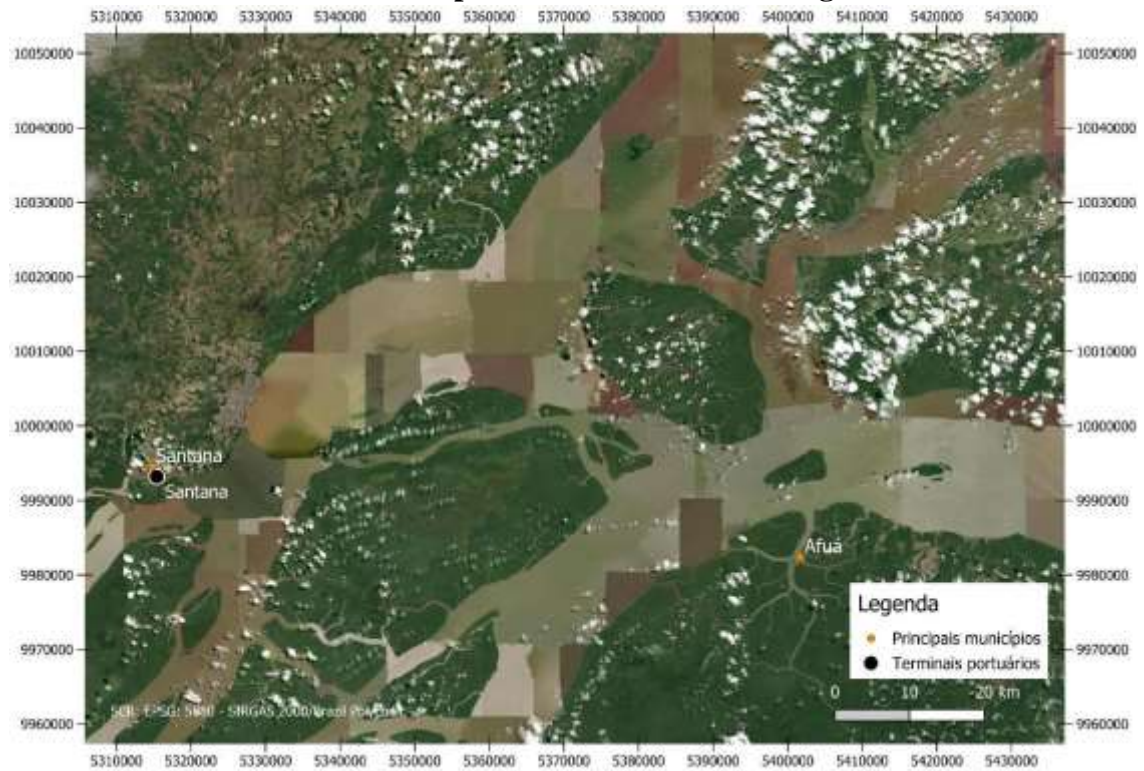
Figura 13 – Vista da área de acesso ao porto de Itapoá (Itapoá/SC).



Fonte: Elaboração própria.

Um exemplo de porto com nota média é o porto de Santana, no município de Santana, Amapá (Figura 14). Para acessar este porto, os navios necessitam atravessar um longo trajeto de rio e curvas, mas com um certo nível de dificuldade para a navegabilidade.

Figura 14 – Vista do acesso ao porto de Santana (Santana/AP) escala menor para ilustrar o complexo sistema insular da região.



Fonte: Elaboração própria.

Foram considerados exemplos de portos com nota mínima os localizados no interior do Brasil com acesso exclusivo por rios, que faz com que a navegação de grandes navios seja inviável, assim como a implementação de meios de adaptação destes portos (Figura 15). Nesta situação, há 68 portos na região norte, 7 no centro-oeste, e 13 na região sul.

Figura 15 - Localização de alguns portos fluviais no interior do Brasil.



Fonte: Elaboração própria.

✓ Conectividade por vias aquaviária e terrestre

O critério de conectividade por vias aquaviária e terrestre avalia a capacidade de escoamento e de chegada da carga ao porto. A presença de uma robusta rede de logística de transporte é fundamental para a eficiência do porto. Para aplicação deste critério foram utilizados os *layouts* de rodovias e ferrovias obtidos junto ao centro de sensoriamento remoto da Universidade Federal de Minas Gerais (Soares-Filho *et al.*, 2016). As informações sobre hidroviárias foram obtidas no site da ANTAQ (2021), que informa sobre as rotas economicamente navegáveis do Brasil. Estas três linhas foram sobrepostas no mapa e cada porto foi visualizado individualmente considerando o critério presença/ausência de rotas de transporte. A Figura 16 apresenta os portos entre Canoas e Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, considerados nota máxima em infraestrutura de transporte.

Figura 16 - Exemplo da aplicação do critério de infraestrutura de transporte.

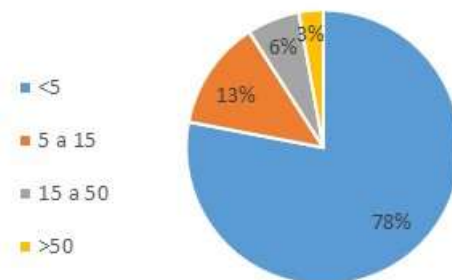


Fonte: Elaboração própria.

4.2.1.5 Caracterização dos portos

Com relação a caracterização dos portos, considerando os 210 portos do Brasil, 78% movimentam menos que 5 milhões de toneladas anualmente e 13% movimentam entre 5 e 15 milhões de toneladas. A menor percentagem de portos movimenta acima de 15 milhões de toneladas por ano (Figura 17).

Figura 17 - Movimentação anual dos portos do Brasil (milhões de toneladas por ano).

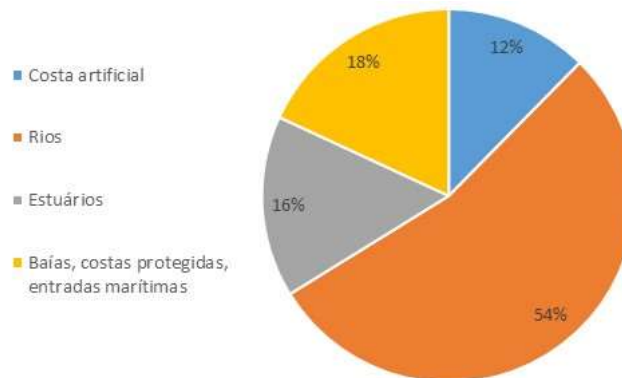


Fonte: ANTAQ (2023a). Elaboração própria.

A maioria dos portos brasileiros (54%) estão localizados em rios (Figura 18). A prevalência de portos localizados em rios no contexto nacional é atribuída a grande concentração de portos localizados na região amazônica onde o transporte por rios é o principal modo de transporte. Isto se deve ao fato que nesta região há muita restrição de

conexões por terra devido às características geográficas e ambientais. No entanto, destaca-se que estes portos apresentam uma capacidade de movimentação de carga muito inferior ao dos portos marítimos. Os demais locais apresentam uma distribuição mais ou menos semelhante entre costas artificiais, estuários, baías e costas protegidas (Figura 18).

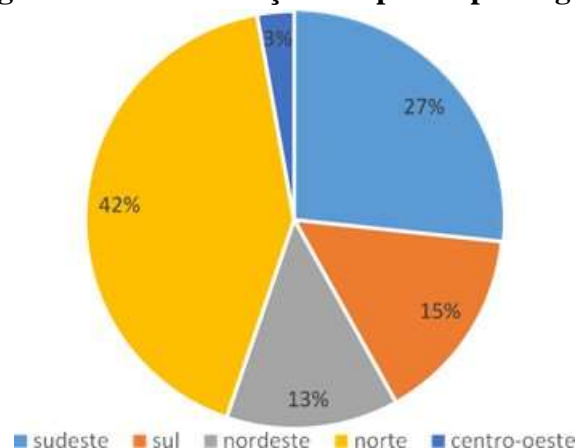
Figura 18 - Característica geográfica dos portos brasileiros.



Fonte: Elaboração própria.

Considerando a distribuição regional dos portos, 42% dos portos brasileiros (públicos e de uso privado) estão localizados na região norte (88 portos no total), 27% na região sudeste (56 portos), 15% na região sul (32), 13% (28 portos) na região nordeste e somente 3% (6) estão na região centro-oeste (Figura 19). Como já citado anteriormente, a região norte abriga a maior parte dos portos, pois esta é rota vital de transporte principal nesta região. Este sistema de rios configura importantes rotas de transporte de bens do interior do continente conectando o Brasil com outros países da região como Peru, Colômbia e Bolívia.

Figura 19 - Distribuição dos portos por região.

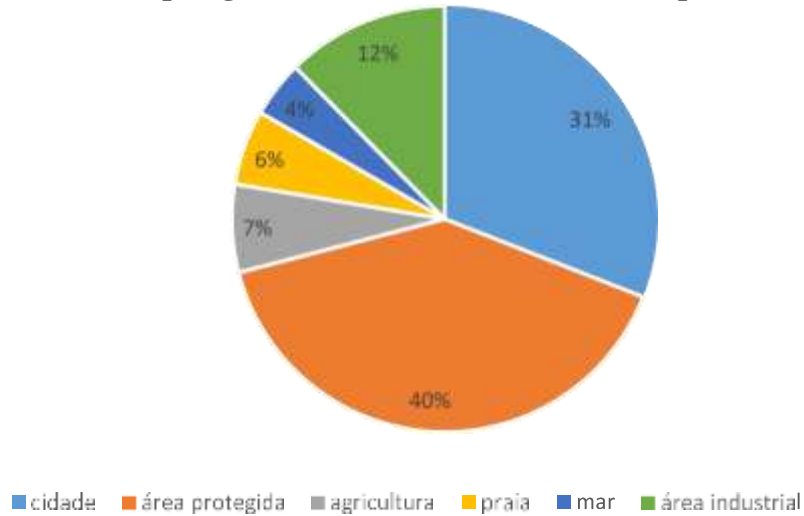


Fonte: Elaboração própria.

Portos estão estrategicamente posicionados para aproveitar os recursos naturais, reforçar o crescimento industrial e facilitar o comércio com o mercado doméstico e global. No Brasil, os portos estão predominantemente situados em áreas de vegetação natural (40%), seguido por áreas urbanas (31%),

zonas industriais (12%), áreas costeiras (2%) e agricultura (7%) (Figura 20).

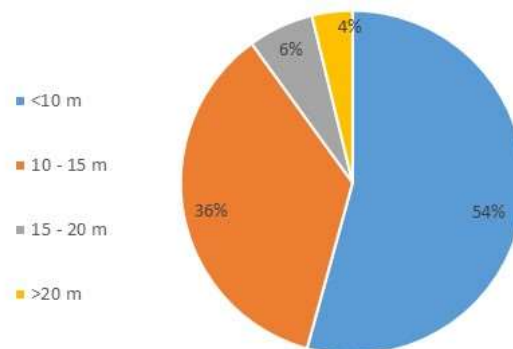
Figura 20 - Tipologia do uso do solo no entorno dos portos brasileiros.



Fonte: elaboração própria.

Analogamente, 54% dos portos brasileiros estão capacitados para acomodar navios menores com calado inferior a 10 metros, seguido por portos capazes de operar navios entre 10 e 15 metros de calado (36%). Somente 10% dos portos são capazes de receber navios com mais de 15 metros de calado (Figura 21).

Figura 21 - Calado dos navios operado nos portos brasileiros.



Fonte: elaboração própria.

Em relação a dragagem, 66% dos portos requerem dragagem enquanto 34% não necessitam dragagem ou a informação não está disponível.

4.2.2 Tópico 2: Desempenho Ambiental dos portos brasileiros candidatos a operar embarcações pós-Panamax

4.2.2.1 Levantamento e tabulação dos resultados do IDA

Para o desenvolvimento da pesquisa, as informações sobre o número de portos, localização e movimentação de carga foram obtidas junto à ANTAQ no sítio eletrônico ANTAQ (2023a). De acordo com este sítio eletrônico foi encontrado que o setor portuário brasileiro apresenta 35 portos públicos e 175 Terminais de Uso Privados, os chamados TUPs. É importante destacar que os TUPs são terminais de uso exclusivo operados por uma companhia ou um grupo produtor sendo altamente especializados em um tipo de produto ou de poucos produtos. Outra informação importante de se destacar é que no Brasil tem-se 36 portos públicos, no entanto, aqui serão abordados 35, porque no site da ANTAQ, fonte de dados desta pesquisa, não há informações sobre o porto de Laguna (Laguna, Santa Catarina), sendo este porto público não abordado nesta pesquisa.

Referente ao IDA, foram extraídas todas as informações desde o ano de 2012, quando o indicador começou a ser aplicado, até o ano de 2023, último ano de dados disponíveis pela ANTAQ. Foi realizado um comparativo entre os anos para visualizar a evolução do IDA, porém, foi dado ênfase ao ano de 2023 com uma análise mais aprofundada das informações, por estes serem os dados mais atualizados disponibilizados pela ANTAQ. Entre os anos de 2012 e 2015 os resultados eram apresentados semestralmente, então, neste período, foi utilizado o resultado mais recente, ou seja, o resultado obtido no segundo semestre. Em 2016 os resultados começaram a ser apresentados anualmente. Outra informação relevante é que os TUPs começaram a disponibilizar os resultados do IDA a partir de 2017. As informações anteriores a este ano correspondem somente aos portos públicos.

A metodologia utilizada para cada etapa da construção do artigo é apresentada a seguir.

4.2.2.2 Análise global da evolução temporal do IDA

A evolução temporal do IDA foi calculada a partir da média de todos os portos e a média entre os 51 portos selecionados (em 7 portos não há resultados do IDA disponíveis).

4.2.2.3 Análise por porto

A análise por porto foi realizada a partir dos dados obtidos para o ano de 2023 (último ano apresentado pela ANTAQ).

4.2.2.4 Análise por indicador

A pesquisa do IDA pode ser respondida com diferentes níveis de respostas que podem

variar de N1 a N3 ou N1 a N5, sendo N1 não atendida, N3 ou N5 totalmente atendidas e níveis intermediários entre estas 2 respostas. Estas respostas foram substituídas por um critério de numeração equidistante conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Possibilidade de respostas do IDA e o equivalente adotado.

Opção 1: N1 a N3	Equivalente	Opção 2: N1 a N5	Equivalente
N1	0	N1	0
N2	5	N2	3
N3	10	N3	5
-	-	N4	7
-	-	N5	10

Após trocar o conceito por um valor numérico, foi aplicada uma fórmula para transformar o resultado em valores de 1 a 10 e assim, poder comparar o desempenho de cada conceito (Tabela 8). Primeiro foram contadas quantas vezes cada resposta se repetiu. Este resultado foi multiplicado por 100 e dividido pelo número total de respostas e por fim, estes resultados foram multiplicados pelo valor do critério, divididos por 100 e estes resultados foram somados para chegar a uma nota de 0 a 10 para cada indicador. Abaixo é apresentado o exemplo da aplicação da fórmula:

Tabela 8 - Exemplo de aplicação da fórmula.

Critérios						Nº de repetições totais	1	3	5	7	10
	1	3	5	7	10						
Nº de repetições	1	0	1	0	48	50	$1*100/50 = 2$	$0*100/50 = 0$	$1*100/50 = 2$	$0*100/50 = 0$	$48*100/50 = 96$

A nota final resultou da fórmula:

$$=2/100*1+0/100*3+2/100*5 +0/100*7+96/100*10= 9.72$$

4.2.3 Tópico 3: Mapeamento das áreas suscetíveis a implantação de portos para operar embarcações pós-Panamax

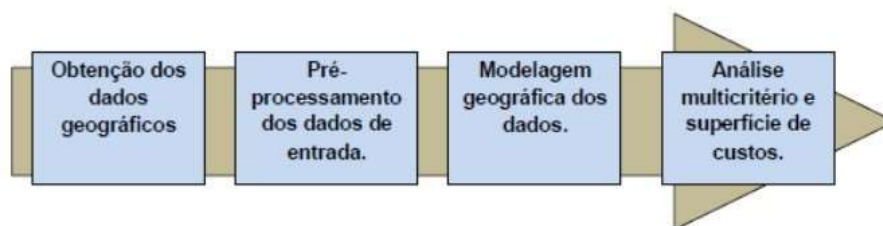
4.2.3.1 Definição e espacialização das variáveis

Para a implantação de portos capazes de receber e operar navios pós-Panamax, este estudo seguiu o preconizado por Notteboom *et al.* (2022): para atender navios com tais proporções, é necessário centenas de hectares de terra e de água, com infraestrutura para rodovias e ferrovias ou armazéns e áreas industriais, além de berços para acomodar grandes navios e terminais capazes de operar enormes quantidades de bens.

As variáveis geográficas utilizadas no modelo serão derivadas do rol de dados (físicos, operacionais, logísticos, socioeconômicos e ambientais) apresentados na Figura 22 (fluxograma geral).

O trabalho seguiu a metodologia proposta por Nóbrega *et al.* (2016) para ferrovias iniciando pela obtenção e tratamento dos dados geográficos, o pré-processamento ou adequação dos dados para a entrada no modelo, a modelagem geográfica e a análise multicritério utilizando álgebra de mapas (**Figura 22**).

Figura 22 – Fluxo das etapas da modelagem utilizando álgebra de mapas.



Fonte: Nóbrega *et al.*, 2016.

4.2.3.2 Coleta de dados

Nesta fase foram coletados os dados que resultaram em 10 variáveis distintas. Estes dados de entrada, sem exceção, são oriundos de fontes públicas e foram obtidos sem ônus.

O primeiro passo foi o recorte geográfico utilizando uma área de influência de 100 km na linha de costa brasileira. Uma vez em consonância com a área de estudo, os dados foram trabalhados para gerar mapas temáticos: o modelo proposto por Nóbrega *et al.* (2009) e o procedimento consiste no tratamento da informação de cada mapa temático para que estes possam ser processados e analisados em conjunto. O desafio inicial da modelagem é o entendimento geral do problema e como cada mapa temático de entrada deverá ser tratado para atingir o objetivo proposto. Neste sentido, os passos necessários são:

- 1 - Estabelecimento de regras para modelar (pesos/pontos) cada mapa temático e
- 2 - Normalização dos valores (Berberian *et al.*, 2016).

4.2.3.3 Dados de entrada

Para o desenvolvimento do modelo foram selecionadas as variáveis e atribuídos os pesos conforme a Tabela 9. O programa utilizado para esta parte do estudo foi o programa

gratuito QGIS versão 3.28.2.

Tabela 9 - Classes utilizadas no modelo, tratamento dos dados e pesos de cada variável.

Classe	Fonte	Tratamento	Peso
Profundidade	https://smcbrasil.ufsc.br/bases-de-dados/	Interpolação	10
Área densamente edificadas	https://www.geoaplicada.com/dados/base-cartografica-continua/	Consideradas as distâncias dos portos planejados construídos a partir dos anos 70 visto que estes portos já estavam sendo construídos como alternativas aos portos já estrangulados pelas cidades.	5
Unidades de conservação	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/9407d38f-84d2-48ea-97dd-ee152c493043	Cálculo de proximidade e reclassificação considerando o raio de 3 km da zona de amortecimento (Conama,2010). Menos de 3 km igual a 1 mais de 3 km igual a 10.	4
Ferrovias, Hidrovias Rodovias	https://www.geoaplicada.com/dados/base-cartografica-continua/	Para rodovias foi realizado o cálculo de densidade. Quanto mais denso, mais atrativo. Para hidrovias e ferrovias foi realizado o cálculo de proximidade e reclassificação de 1 a 10 sendo 1 menos apto e 10 mais apto.	1
Banco de areia, Ilhas, Recifes, Lajes	https://www.geoaplicada.com/dados/base-cartografica-continua/	Cálculo de proximidade e reclassificação de 1 a 10 sendo 1 menos apto e 10 mais apto.	1
Linha de costa	https://geosgb.sgb.gov.br/geosgb/downloads.html	Utilizada para determinar a área de estudo foi realizado um buffer de 100 km em torno da linha de costa	-

- Profundidade

A profundidade considerada foi a partir de 15 metros, profundidade correspondente ao calado de um navio pós-Panamax. Como a profundidade é um dos fatores restritivos dos portos brasileiros, o objetivo foi encontrar locais em que este seja um fator superado a exemplo do porto de Tubarão que foi instalado em 1966 e permanece sendo moderno e apto a receber os maiores navios da atualidade. Portanto, este parâmetro terá o maior peso na simulação do cenário.

- Áreas densamente edificadas

Conflitos entre portos e cidades são amplamente abordados e apresentam-se como um dos principais entraves no desenvolvimento dos portos brasileiros, além disso, desmobilizar e indenizar muitas pessoas acaba encarecendo e até mesmo inviabilizando a obra. Desta forma, esta foi a camada considerada como tendo o segundo maior peso no processamento.

O porto deve estar distante o suficiente de um conglomerado urbano para ter espaço adequado para seu pleno desenvolvimento, porém, a necessidade por mão de obra será um impeditivo para o afastamento excessivo deste porto às áreas urbanas e o transporte de mão de obra. Assim, para determinar as classes de distâncias foram utilizadas as distâncias nas

quais os portos mais modernos, construídos a partir da década de 70, e alternativos aos portos que na época já se encontravam estrangulados pelas cidades, foram construídos:

- ✓ 13 km: Distância do porto de Itaqui à São Luiz do Maranhão;
- ✓ 35 km: Distância do porto de Vila do Conde à Vila do Conde;
- ✓ 51 km: distância do porto Pecém à Fortaleza;
- ✓ 52 km: distância do porto de Suape à Recife e
- ✓ 71 km: distância do porto de Sepetiba ao Rio de Janeiro.

Considerando estas distâncias foram construídas as seguintes classes:

- ✓ 0 a 13 km: menos apta,
- ✓ 13 a 35 km: um pouco mais apta,
- ✓ 35 a 52 km: apta,
- ✓ 52 a 71 km: mais apta.

- Unidades de Conservação

No Brasil há restrições para intervenções em unidades de conservação. A legislação exige que para áreas onde não há um plano de manejo a zona de amortecimento utilizada seja de 3 km (CONAMA, 2010). Ou seja, empreendimento de significativo impacto ambiental deve ficar a uma distância mínima de 3 km da unidade de conservação mais próxima. Desta forma, a camada de unidades de conservação foi tratada como sendo proibitivo em um raio de 3 km e permitido a partir disto.

- Ferrovias, Rodovias e Hidrovias

As ferrovias, rodovias e hidrovias são importantes tanto para trazer a mercadoria a ser embarcada quanto para o escoamento rápido e eficiente para a carga que chega. Ter uma rede já construída de transporte próxima é importante para evitar que o projeto de construção do porto se torne extremamente caro e até mesmo inviável. Dados demonstram que em 2017, construir 1 km de rodovia custava em média 2,168 milhões/km para uma pista simples e até mais de 7,6 milhões/km para duplicação e restauração (DNIT, 2017). Ferrovias podem custar até 3 vezes mais que isso (G1, 2017). Para a implantação de uma hidrovia os custos variam de 100 milhões a 2,4 bilhões por km (IPEA, 2014). No entanto, estes são dados superestimados considerando a implantação da eclusa de Tucuruí no rio Tocantins. Normalmente, no Brasil as hidrovias são utilizadas de forma natural, sem a necessidade de implantação de obras.

Portanto, para o geoprocessamento foi considerado que as áreas mais densas dos modais de transporte são mais aptas para a implantação do porto.

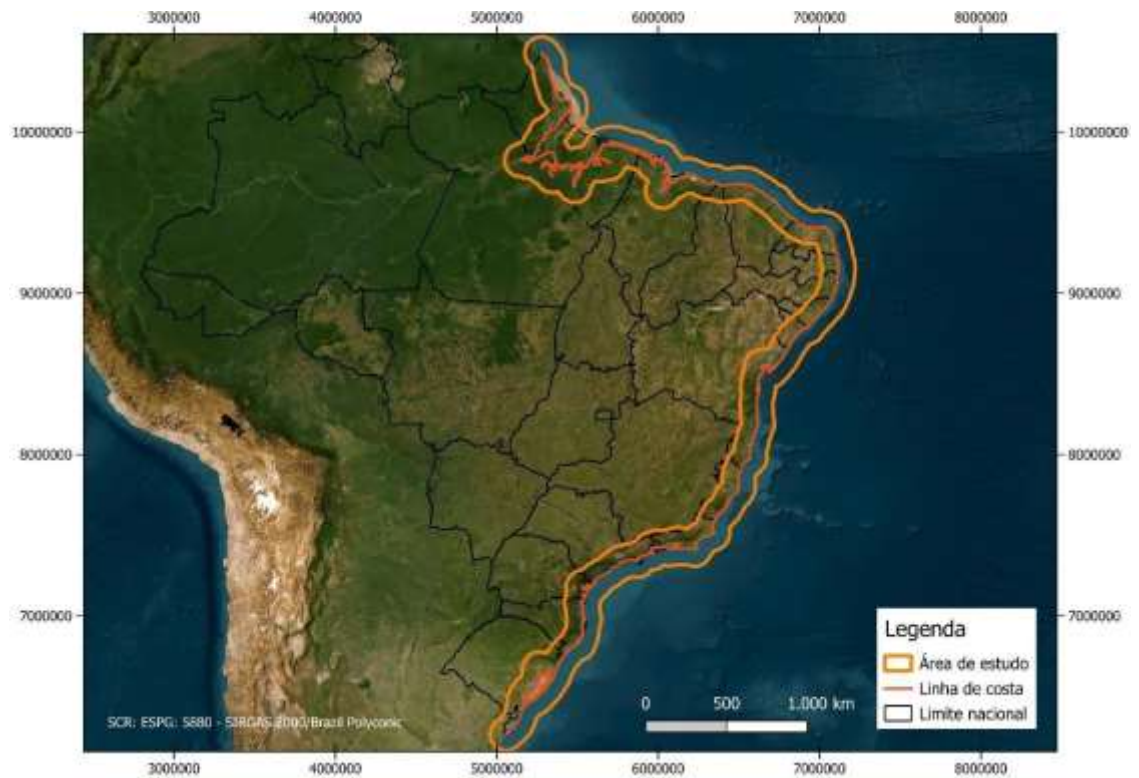
- Banco de areia, ilhas, recifes, lajes

Estas estruturas configuram obstáculos naturais à navegação e, por segurança, devem ser evitadas. As normas de segurança encontradas em relação a presença destes obstáculos são específicas para portos. Assim, não foi possível utilizar estas fontes de consulta porque canais portuários são ambientes “controlados” pois tendem a ser abrigados, além do auxílio de rebocadores o que faz com que a navegação nestas áreas seja muito diferente da navegação em mar aberto onde o navio está sujeito a força das ondas, correntes e ventos. Portanto, foram atribuídos valores superiores a 1 km como limite de segurança.

- Área de estudo

Para se delimitar a área de estudo, foi aplicado uma área de influência de 100 km a partir da linha de costa do Brasil (Figura 23). Esta delimitação se justifica porque os rios mais ao norte do Brasil, onde ocorre a navegação de navios de grande porte, como os rios Amazonas, Negro, Madeira e Tapajós, além de não conectarem regiões de forte industrialização (exceto a zona Franca de Manaus) ainda, a partir de 2022, começaram a sofrer com fortes estiagens, situação que foi agravada em 2024 quando a Agência Nacional de Águas – ANA declara situação de emergência por escassez hídrica demandando o início de ações de dragagens nestes rios (ANA, 2024).

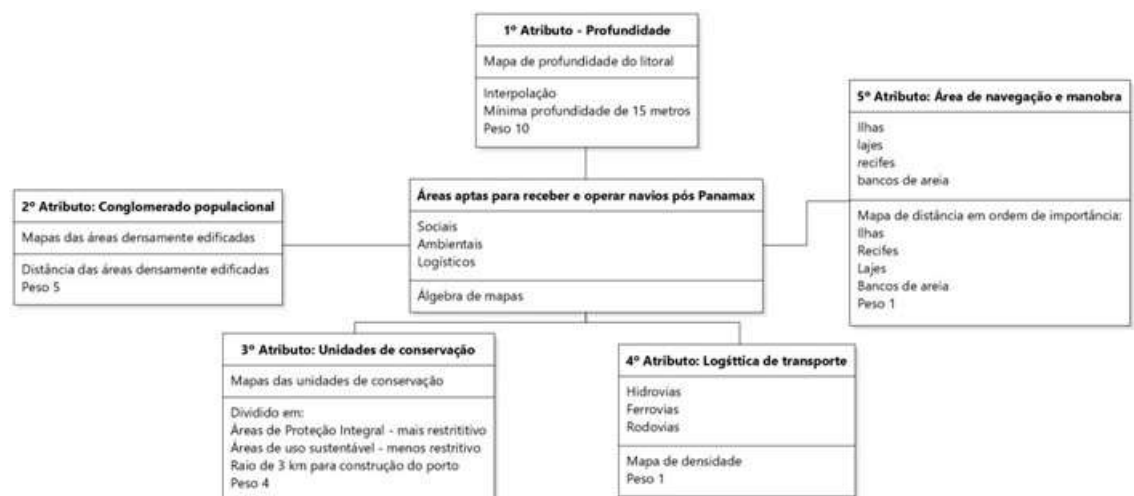
Figura 23 - Delimitação da área de estudo.



Fonte: Elaboração própria.

As variáveis foram trabalhadas em um processo hierárquico de análise multicritérios com adoção de pesos com intervalos entre 1 e 9 conforme proposto por Nóbrega et al. (2016). Os atributos e seus pesos podem ser visualizados no Diagrama da Figura 24.

Figura 24 - Diagrama de classes do cenário utilizado no estudo.



Fonte: Elaboração própria.

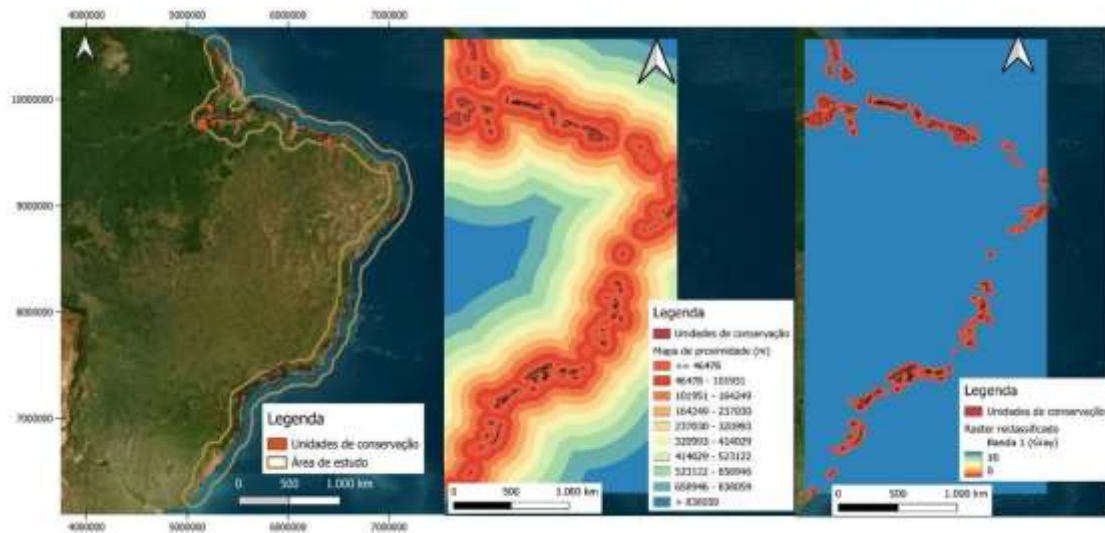
3.2.3.3 Modelagem e Normalização das Variáveis

O modelo proposto por Nóbrega *et al.*, 2016 e Berberian *et al.*, 2016 para obras lineares resulta em corredores de viabilidade através de superfícies de custo. No entanto, para o presente estudo, o método resulta em áreas mais aptas para a implantação de portos, considerando áreas de repulsão e atração. As variáveis foram trabalhadas em um processo hierárquico, no qual foram dados pesos/pontos para cada variável. Este modelo define se essas variáveis possuem atratividade ou repulsividade para a implantação do porto, bem como os níveis de atração e repulsão. Dessa forma, por exemplo, áreas com elevada concentração urbana ou que sejam de profundidade mais rasa, repelem a construção de um porto, pois resultam em maior custo de construção; assim, pontos com maior infraestrutura de transporte já implantadas e sem obstáculos para a navegação atraem o porto.

Como resultado, o modelo gera mapas temáticos (cada variável é plotada em um mapa) e esses mapas são combinados, de forma que qualificam e quantificam as áreas de maior viabilidade para a implantação da infraestrutura. Conforme proposto por Berberian *et al.* (2016), o trabalho foi realizado em 4 etapas: a obtenção e tratamento dos dados geográficos, o pré-processamento ou adequação dos dados para a entrada no modelo, a modelagem geográfica e, por fim, a análise multicritério para a criação das superfícies de custo (ou esforço), no entanto, no caso do presente estudo, as superfícies de custo foram substituídas por áreas de aptidão e de repulsão.

Cada variável foi modelada de forma exclusiva, em um processo que objetiva a produção de mapas temáticos podendo transformar dados diferentes em uma mesma escala numérica e adimensional de grandeza para que possam ser processados em conjunto (Figura 25). Como exemplo, a Figura 25 demonstra o tratamento dado para o mapa de unidades de conservação. A legislação brasileira especifica uma zona de amortecimento de 3 km de distância das unidades de conservação para construção de empreendimentos com impacto de alta magnitude. Na modelagem, as distâncias inferiores a 3 km foram tratadas como repulsiva e distâncias iguais ou superiores a 3 km como atrativa à instalação de novos portos.

Figura 25 - Exemplo de operações em geoprocessamento utilizadas no processo de modelagem geográfica. SCR: ESPG: 5880 - SIRGAS 2000/Brazil Policônico.



Fonte: Elaboração própria.

Este mesmo processo foi realizado para cada camada utilizada para aplicação de álgebra de mapas resultando no mapa temático com as áreas aptas e as áreas não aptas para implantação de portos capazes de receber e operar navios pós-Panamax.

5 RESULTADOS

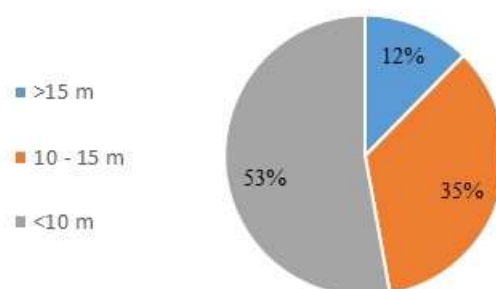
A seguir, serão apresentados os resultados para cada um dos tópicos analisados.

5.1 Tópico 1: Diagnóstico dos portos brasileiros candidatos potenciais a operar embarcações pós-Panamax

5.1.1 Aplicação dos critérios

Entre os 210 portos analisados, 12,4% receberam a nota 10 para o critério de calado operado (Tabela 10), ou seja, operam navios com calado superior a 15 metros. Deste total, 35% apresentaram uma nota 5, ou seja, operam navios com calado entre 10 e 15 metros. Notavelmente, a grande maioria, ou 53% dos portos, estão adequados para operar navios com no máximo 10 metros de calado (Figura 26). De acordo com esta informação, a maioria dos portos apresentam uma profundidade de canal de acesso inadequado para grandes embarcações, apresentando dificuldades e riscos à medida que as necessidades para a navegação evoluem.

Figura 26 - Resultados relativos ao total de portos quanto ao calado dos navios operados em cada porto.



Fonte: Elaboração própria.

Para o critério capacidade em terra, 22% dos portos apresentam regiões circunvizinhas adequadas para o desenvolvimento portuário, permitindo a construção de armazéns maiores para armazenagem ou a instalação de equipamentos mais modernos para melhorar a eficiência e agilidade do porto durante os procedimentos de carga e descarga. Além disso, 39% dos portos têm regiões que são relativamente confinadas para o seu desenvolvimento com

perspectiva de expansão limitada a apenas uma direção. Os outros 39% dos portos estão totalmente limitados por ocupações em seu entorno que impedem qualquer chance de expansão (Figura 27).

Figura 27 - Resultados relativos ao total de portos quanto à disponibilidade de expansão por terra.



Fonte: Elaboração própria.

Para manter uma profundidade segura do canal de acesso, 25% dos portos requerem dragagens frequentes. Ainda, 29% necessitam de alguma intervenção esporádica para aprofundar o canal de acesso, enquanto 46% foram considerados como necessitando de mínima frequência de dragagens (Figura 28). Conforme justificado anteriormente, quando nenhuma informação sobre dragagem foi encontrada, foi considerado que há uma frequência mínima de dragagem, que se aplica a aproximadamente 22% dos portos. Essa suposição é baseada no entendimento de que portos com necessidades substanciais de dragagem normalmente mantêm registros detalhados das operações de dragagem para fins de planejamento e orçamento. Além disso, muitos portos menores que lidam com balsas de calado raso e pequenos barcos, operam com uma dinâmica natural de cheia e vazante do rio, exigindo intervenção mínima de dragagem.

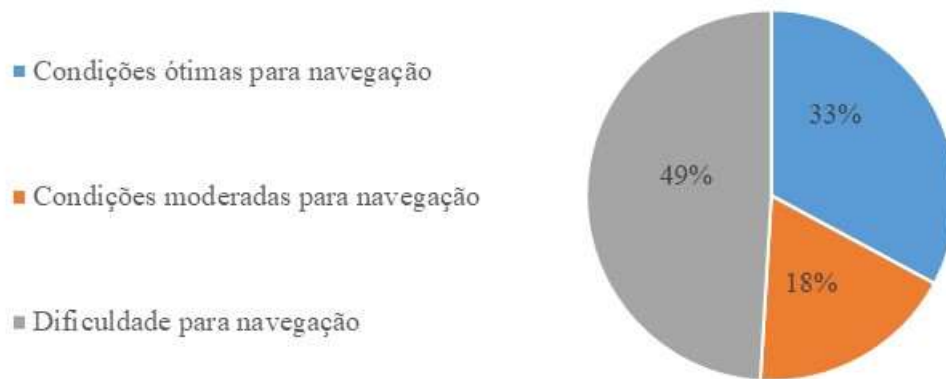
Figura 28 - Resultados relativos ao total de portos com necessidade de dragagens.



Fonte: Elaboração própria.

O critério de acessibilidade por água revelou que aproximadamente metade (49%) dos portos não tem acessibilidade suficiente para navios de grande porte. A maioria dos portos estão situados em áreas que apresentam algum tipo de dificuldade de acesso caracterizados por curvas, ilhas e pontes que dificultam a navegação segura. No entanto, 33% dos portos ostentam acessibilidade segura e adequada, apresentando canais sem obstáculos. Além disso, outros 18% apresentam condições de acessibilidade relativamente aceitáveis (Figura 29).

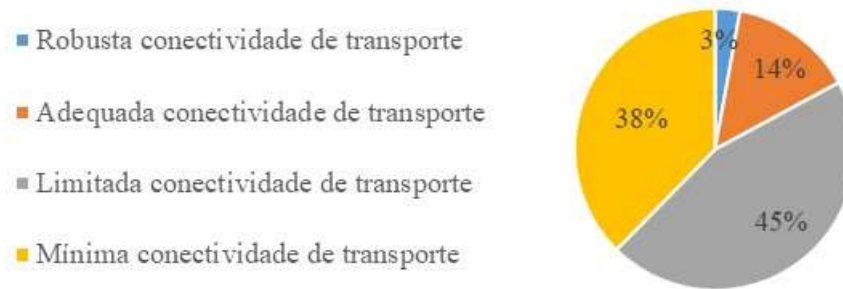
Figura 29 - Resultados relativos ao total de portos quanto a acessibilidade por água.



Fonte: Elaboração própria.

O critério de conectividade para transporte demonstra que 45% de todos os 210 portos necessitam de infraestrutura de transporte adequada para o fluxo de carga eficiente. Estes portos dependem, principalmente, do transporte por estradas locais ou municipais, muitas vezes localizadas em áreas urbanas que representam desafios para acesso ao porto e são inadequadas para o movimento de veículos de grande porte, como grandes caminhões. Consequentemente, isso causa congestionamentos, danos às estradas, atrasos de caminhões, conflitos com a população local e prejuízos tanto para a comunidade do entorno quanto para o próprio porto. Além disso, 38% dos portos têm apenas uma rota principal de transporte, seja por rodovia, ferrovia ou hidrovias interiores, o que pode impedir a eficiência do porto, principalmente, se a capacidade de armazenamento do porto for insuficiente. De todos os portos brasileiros, 14% dos portos apresentam desempenho ligeiramente melhor, oferecendo duas rotas de transportes potenciais, aumentando a eficiência em comparação ao primeiro grupo. Apenas 3% dos portos brasileiros se beneficiam de três modais diferentes para transporte, facilitando o fluxo ágil de cargas (Figura 30).

Figura 30 - Modos de transporte por terra e água.



Fonte: Elaboração própria.

5.1.2 Resultado da aplicação dos critérios

A aplicação dos cinco critérios em cada uma das 210 instalações portuárias do Brasil foi minuciosamente avaliada. Como cada critério pontua entre 0 e 10 e há cinco critérios, a pontuação potencial para cada porto variou entre 0 e 50. Os resultados são apresentados na Tabela 10 ordenados de maior para menor pontuação, detalhando a nota aplicada para cada um dos critérios. Os resultados revelaram que o porto com o maior resultado alcançou 45 pontos, enquanto os portos com resultados mais baixos obtiveram a nota zero.

Uma análise de Pareto foi utilizada para decidir quais os portos seriam incluídos na amostra de portos brasileiros adequados ou com possibilidade de expansão para receber e operar navios pós- Panamax. A análise de Pareto é uma técnica usada para tomada de decisão e resolução de problemas (Hayley, 2022). O Princípio de Pareto também é conhecido como regra do 80/20, que afirma que aproximadamente 80% dos efeitos vêm de 20% das causas. Considerando essa metodologia, o corte de 20% selecionou os portos com pontuação de 35 ou mais, totalizando 28 portos.

Outra medida estatística utilizada foi o quarto quartil (Cuemath, 2024). A técnica do quarto quartil chegou a uma pontuação de corte de 27 pontos, que incluiu 58 portos responsáveis por 44% da pontuação geral (Tabela 10). Neste estudo, uma abordagem mais inclusiva foi adotada selecionando-se a metodologia do quarto quartil pois incluiu um tamanho maior da mostra (58 portos *versus* 28) e produziu uma pontuação cumulativa mais alta (44% *versus* 20%).

Tabela 10 - Resultado obtido para cada critério aplicado e resultado geral. Em verde destaca-se os portos selecionados no estudo.

Classificação	Portos	Calado	Espaço	Dragagem	Acessibilidade	Infraestrutura	Soma
1	Pecém	10	10	10	10	5	45
2	Terminal marítimo Ponta da Madeira	10	5	10	10	7	42
3	Aratu	5	10	10	10	7	42
4	Terbian Terminal Bianchini	10	10	0	10	10	40
5	Terminal Aquaviário Osório	10	10	10	10	0	40
6	Terminal da Ilha Guaíba - TIG	10	5	10	10	5	40
7	Terminal marítimo Luiz Fogliatto - Termasa	10	10	0	10	10	40
8	Terminal Portuário Bunge Alimentos	10	10	0	10	10	40
9	Itaqui	10	5	5	10	7	37
10	Porto de Murucupi	5	5	10	10	7	37
11	Terminal Ponta da Montanha	5	5	10	10	7	37
12	Terminal portuário graneleiro de Barcarena	5	5	10	10	7	37
13	Terminal Vila do Conde	5	5	10	10	7	37
14	Vila do Conde	5	5	10	10	7	37
15	Estaleiro Jurong	10	10	5	10	0	35
16	Itaguaí	10	5	5	10	5	35
17	Ponta de Ubu	10	10	5	10	0	35
18	Porto do Açú - Terminal de minério	10	10	5	10	0	35
19	Suape	10	5	5	10	5	35
20	Terminal Aquaviário de São Francisco do Sul	10	10	10	5	0	35
21	Terminal de Regaseificação de Açú	10	10	5	10	0	35
22	Terminal Thyssenkrupp	10	5	5	10	5	35
23	Yara fertilizantes	10	5	0	10	10	35
24	Terminal Aquaviário de Aracaju	5	10	10	10	0	35
25	Terminal Aquaviário do Norte Capixaba	5	10	10	10	0	35

Classificação	Portos	Calado	Espaço	Dragagem	Acessibilidade	Infraestrutura	Soma
26	Terminal Braskem	5	5	10	10	5	35
27	Terminal Marítimo Inácio Barbosa	5	10	10	10	0	35
28	TUP TMB - Terminal Marítimo de Belmonte	5	10	10	10	0	35
29	Imbituba	10	5	0	10	7	32
30	São Francisco do Sul	5	5	5	10	7	32
31	Porto Sudeste do Brasil	10	5	5	10	0	30
32	Rio Grande	10	0	0	10	10	30
33	Terminal Aquaviário de Angra dos Reis	10	5	5	10	0	30
34	Terminal Aquaviário de São Sebastião	10	0	5	10	5	30
35	Terminal de Tubarão	10	0	5	10	5	30
36	Terminal Portuário da Nuclep	10	0	5	10	5	30
37	Brasil Logística Offshore e Estaleiro Naval (Porto de Açú)	5	10	5	10	0	30
38	Itapoá	5	10	5	10	0	30
39	Porto do Açú - Terminal TMULT e TCAR	5	10	5	10	0	30
40	Portocel	5	5	5	10	5	30
41	Terminal Aquaviário de Barra do Riacho	5	5	5	10	5	30
42	Terminal de Barcaças Oceânicas	5	5	10	10	0	30
43	Terminal de combustíveis marítimos do Açú	5	10	5	10	0	30
44	Terminal de Regaseificação de GNL da Bahia - TRBA	5	5	10	10	0	30
45	Terminal Dome	5	10	5	10	0	30
46	Terminal marítimo Dow	5	5	10	5	5	30
47	Terminal marítimo Dow Aratu	5	10	10	5	0	30
48	Terminal Nov Flexibles	5	10	5	10	0	30
49	Terminal Technip Brasil Açú	5	10	5	10	0	30
50	TUP Enseada naval	5	10	5	5	5	30
51	TUP Intermoor	5	10	5	10	0	30
52	TUP Bertolini Belém	0	5	10	10	5	30

Classificação	Portos	Calado	Espaço	Dragagem	Acessibilidade	Infraestrutura	Soma
53	Cabedelo	5	0	5	10	7	27
54	Fortaleza	5	0	5	10	7	27
55	Maceió	5	0	5	10	7	27
56	Salvador	5	0	5	10	7	27
57	Santana	5	0	10	5	7	27
58	Santarém	5	5	10	0	7	27
59	Estaleiro Atlântico Sul	10	5	5	5	0	25
60	Angra dos Reis	5	0	5	10	5	25
61	Antonina	5	10	0	10	0	25
62	Rio de Janeiro	5	0	5	10	5	25
63	Terminal Aquaviário de Guararé	5	10	10	0	0	25
64	Terminal Aquaviário Madre de Deus	5	0	10	10	0	25
65	Terminal de Praia Mole	5	0	5	10	5	25
66	Terminal marítimo alfandegário privativo de uso misto de Praia Mole	5	0	5	10	5	25
67	Terminal Portuário de Cotegipe	5	10	5	5	0	25
68	Terminal Portuário Privativo da Alumar	5	10	10	0	0	25
69	Porto de Itaituba da Caramuru alimentos	0	10	10	0	5	25
70	Caramuru Alimentos - São Simão	0	10	10	0	5	25
71	LDC Pederneiras	0	10	10	0	5	25
72	LDC São Simão	0	10	10	0	5	25
73	Terminal Trombetas	0	5	10	0	10	25
74	Terminal Saint-Gobain Icoaraci	0	5	10	5	5	25
75	ATEM Santarém	0	10	10	0	5	25
76	Bemar III	0	10	10	0	5	25
77	Terminais fluviais do Brasil	0	10	10	0	5	25
78	Base de Cruzeiro do Sul - BASUL II	0	10	10	0	5	25

Classificação	Portos	Calado	Espaço	Dragagem	Acessibilidade	Infraestrutura	Soma
79	Niterói	5	0	5	5	7	22
80	Paranaguá	5	0	0	10	7	22
81	Terminal de Munguba	0	5	10	0	7	22
82	Terminal fluvial Caulim	0	5	10	0	7	22
83	Terminal fluvial de Juruti	0	5	10	0	7	22
84	Terminal Aquaviário da Ilha d'água	10	0	5	5	0	20
85	Cattalini Terminais Marítimos	5	0	0	10	5	20
86	DP World Santos	5	5	0	5	5	20
87	Natal	5	0	5	5	5	20
88	Sucocítrico Cutrale	5	5	0	5	5	20
89	Terminal de Petróleo TPET/TOIL	5	0	5	10	0	20
90	Terminal flexível de GNL da Baía de Guanabara	5	5	5	5	0	20
91	Terminal Gerdau Aços Longos	5	0	5	10	0	20
92	Terminal Integrador Portuário Luiz Antônio Mesquita - TIPLAM	5	5	0	5	5	20
93	Terminal Marítimo Braskem	5	5	5	5	0	20
94	UTC Engenharia	5	0	5	10	0	20
95	Terminal marítimo privativo de Cubatão	5	5	0	5	5	20
96	Belo Monte Logística de Terminal	0	10	10	0	0	20
97	Areia Branca	0	0	10	10	0	20
98	Estaleiro Brasfels	0	0	5	10	5	20
99	Forno	0	0	10	10	0	20
100	Ilhéus	0	0	5	10	5	20
101	Recife	0	0	5	10	5	20
102	São Sebastião	0	0	5	10	5	20
103	Terminal de Macapá	0	5	10	5	0	20
104	Porto CPA	0	10	10	0	0	20

Classificação	Portos	Calado	Espaço	Dragagem	Acessibilidade	Infraestrutura	Soma
105	ABI Miritituba	0	5	10	0	5	20
106	Cargill Agrícola Miritituba	0	5	10	0	5	20
107	Estação Cianport Miritituba	0	5	10	0	5	20
108	Hidrovias do Brasil Miritituba	0	5	10	0	5	20
109	TERFRON Itaituba	0	5	10	0	5	20
110	Terminal de uso privado de Macau	0	5	10	0	5	20
111	TUP da Salina Francisco Menescal	0	5	10	0	5	20
112	Belém	0	0	10	5	5	20
113	Porto CRA	0	0	10	5	5	20
114	TUP J.F. de Oliveira	0	0	10	5	5	20
115	Amazon Aço Indústria e Comércio Ltda.	0	5	10	0	5	20
116	Cimento Vencemos	0	5	10	0	5	20
117	Estação EAG Bertolini	0	5	10	0	5	20
118	Itacal - Itacoatiara cálcarios Ltda.	0	5	10	0	5	20
119	J. A. Leite Navegação	0	5	10	0	5	20
120	Petróleo Sabbá - Manaus	0	5	10	0	5	20
121	Porto Brasilit	0	5	10	0	5	20
122	Rio Amazonas Terminais e Empreendimentos	0	5	10	0	5	20
123	Terminal Aquaviário Solimões Coari	0	5	10	0	5	20
124	Terminal graneleiro Hermasa	0	5	10	0	5	20
125	Terminal Portuário Novo Remanso	0	5	10	0	5	20
126	Companhia Portuária Vila Velha (CPVV)	5	0	5	0	7	17
127	J. F. de Oliveira - Manaus	0	0	10	0	7	17
128	Porto Jari - Terminal Munguba	0	0	10	0	7	17
129	Ronav	0	0	10	0	7	17
130	Terminal Aquaviário de Manaus	0	0	10	0	7	17
131	Brasco Logística Offshore	5	0	5	5	0	15

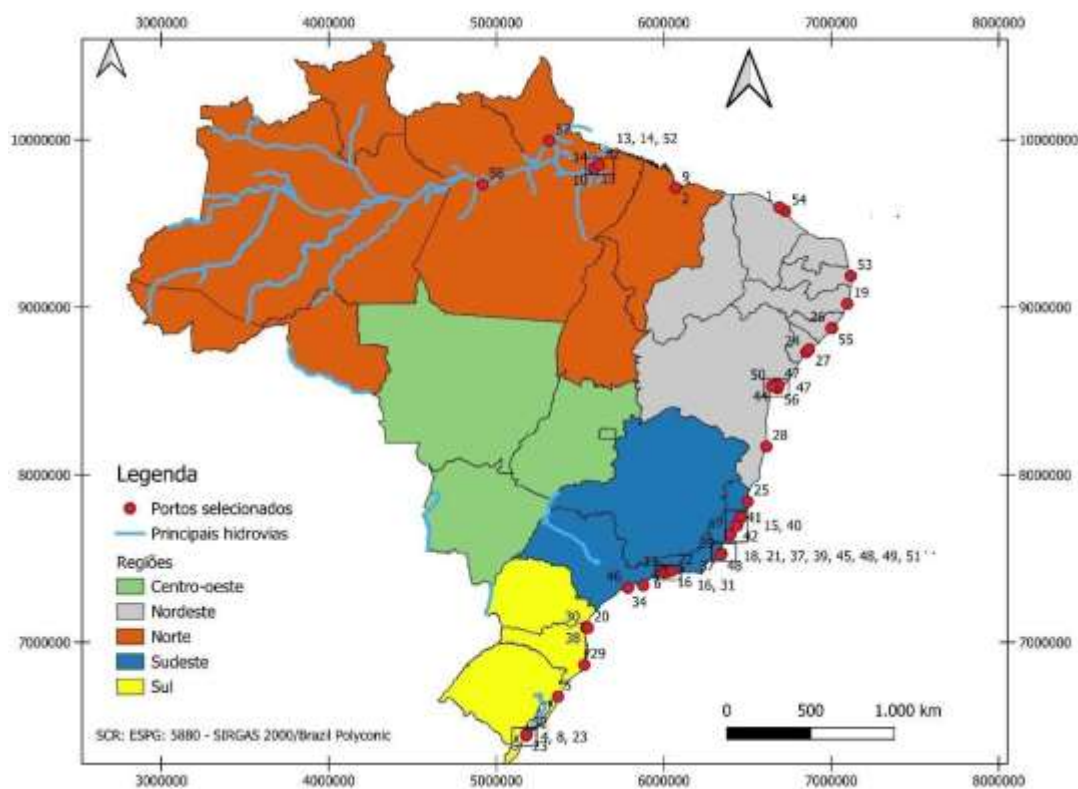
Classificação	Portos	Calado	Espaço	Dragagem	Acessibilidade	Infraestrutura	Soma
132	Cosan Lubrificantes e especialidades	5	0	5	5	0	15
133	Estaleiro Locar	5	0	5	5	0	15
134	Green Port Logística Portuária	5	0	5	5	0	15
135	Mac Laren Operações Offshore	5	0	5	5	0	15
136	Portonave	5	5	0	5	0	15
137	Teperti	5	5	0	5	0	15
138	Terminal CCPN	5	0	5	5	0	15
139	Terminal Ilha do Governador	5	0	5	5	0	15
140	Terminal marítimo ponte do Thun	5	0	5	5	0	15
141	Itajaí	5	0	0	5	5	15
142	Poly Terminais portuários	5	0	0	5	5	15
143	Santos	5	0	0	5	5	15
144	Terminal Portuário Braskarne	5	0	0	5	5	15
145	Terminal de embarque marítimo da Salina Diamante Branco	0	5	10	0	0	15
146	TUP Cesari	0	5	10	0	0	15
147	ATEM Miritituba	0	5	10	0	0	15
148	Companhia Brasileira de Asfalto da Amazônia	0	5	10	0	0	15
149	Petróleo Sabbá - Miritituba	0	5	10	0	0	15
150	Porto Crai	0	5	10	0	0	15
151	Terminal Distribuidora Equador Manaus	0	5	10	0	0	15
152	Terminal UNI-Z	0	5	10	0	0	15
153	TUP da Salina Guanabara	0	5	10	0	0	15
154	Barra do Rio Terminal Portuário	0	5	0	5	5	15
155	Base de Caracará - BARAC	0	0	10	0	5	15
156	Base de Distribuição secundária de Itaituba	0	0	10	0	5	15
157	Instalação Portuária Itahum Export	0	10	0	0	5	15
158	Porto Gregório Curvo	0	10	0	0	5	15

Classificação	Portos	Calado	Espaço	Dragagem	Acessibilidade	Infraestrutura	Soma
159	Terminal Santa Clara	0	10	0	0	5	15
160	TUP Vetorial Logística	0	10	0	0	5	15
161	Administração de Bens de Infraestrutura - Santarém	0	0	10	0	5	15
162	ATR Logística - Chibatão	0	0	10	0	5	15
163	Base Ipiranga Santarém	0	0	10	0	5	15
164	Chibatão Navegação e Comércio	0	0	10	0	5	15
165	Ipiranga Manaus	0	0	10	0	5	15
166	Manaus	0	0	10	0	5	15
167	Ponta Negra	0	0	10	0	5	15
168	Porto Chibatão	0	0	10	0	5	15
169	Superterminais Comércio e Indústria	0	0	10	0	5	15
170	Terminal Navecunha	0	0	10	0	5	15
171	TUP Bertolini Santarém	0	0	10	0	5	15
172	TUP Ibepar	0	0	10	0	5	15
173	TUP Moss	0	0	10	0	5	15
174	TUP Ocrim	0	0	10	0	5	15
175	Terminal Aquaviário de Niterói	0	5	0	0	7	12
176	Base logística de dutos	5	0	0	5	0	10
177	Terminal Portuário da Glória	5	0	5	0	0	10
178	Vitória	5	0	5	0	0	10
179	Norte Log	0	0	10	0	0	10
180	Terminal Aquaviário de Ilha Redonda e Ilha Comprida	0	0	5	5	0	10
181	ABI Porto Velho	0	10	0	0	0	10
182	ATEM Manaus	0	0	10	0	0	10
183	Petróleo Sabbá - Itaituba	0	0	10	0	0	10
184	Terminal de expedição de grãos Portochuelo	0	10	0	0	0	10
185	Terminal de Barcaças Luciano Villas Boas	0	10	0	0	0	10

Classificação	Portos	Calado	Espaço	Dragagem	Acessibilidade	Infraestrutura	Soma
186	Base Secundária Ipiranga Porto Velho	0	5	0	0	5	10
187	Bianchini Canoas	0	5	0	0	5	10
188	Cargill Agrícola Porto Velho	0	5	0	0	5	10
189	Ciagram Portos e Navegação da Amazônia	0	5	0	0	5	10
190	Granel Química Ladário	0	5	0	0	5	10
191	Terminal Fogás	0	5	0	0	5	10
192	TEVEL	0	5	0	0	5	10
193	TUP Supergasbrás	0	5	0	0	5	10
194	Oleoplan	0	0	0	0	7	7
195	Unidade Misturadora de Porto Alegre	0	0	0	0	7	7
196	Porto Alegre	0	0	0	0	7	7
197	AIVEL	0	5	0	0	0	5
198	ATEM Porto Velho	0	5	0	0	0	5
199	Belmont	0	5	0	0	0	5
200	Estação Cujubinzinho	0	5	0	0	0	5
201	Instalação Portuária F.H. de Oliveira Peixoto	0	5	0	0	0	5
202	Passarão	0	5	0	0	0	5
203	Terminal Hidroviário Cimagé	0	5	0	0	0	5
204	Terminal Privado Copelmi	0	0	5	0	0	5
205	Merlim	0	0	0	0	5	5
206	Pelotas	0	0	0	0	5	5
207	Terminal de gás do Sul - Tergasul	0	0	0	0	5	5
208	CMPC Guaíba	0	0	0	0	5	5
209	Porto Velho	0	0	0	0	0	0
210	Terminal Amazongás	0	0	0	0	0	0

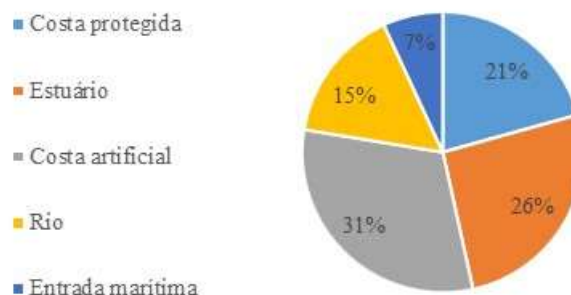
Portanto, portos com pontuação de 27 pontos ou mais (considerando o ponto de corte do quarto quartil) foram selecionados como candidatos capazes de acomodar navios pós-Panamax ou com possibilidade de expansão e adaptação neste sentido. Essa metodologia levou à identificação de 58 portos distribuídos da seguinte maneira: 1 porto obteve 45 pontos (a maior pontuação observada), 2 portos obtiveram 42 pontos, 5 portos obtiveram 40 pontos, 6 portos obtiveram 37 pontos, 14 portos obtiveram 35 pontos, 2 portos obtiveram 32 pontos, 22 portos obtiveram 30 pontos e 6 portos obtiveram 27 pontos. Os 58 portos selecionados estão representados com pontos vermelhos, incluídos em uma caixa preta ao representar vários portos na mesma região (Figura 31).

Figura 31 - Mapa com os portos selecionados.



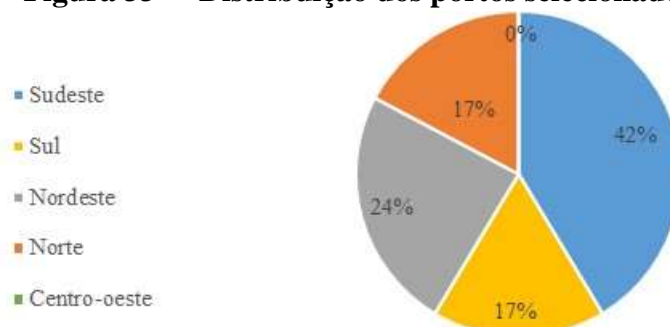
Fonte: Elaboração própria.

Dos 58 portos selecionados, 31% estão situados em costas artificiais, 26% estão em estuários e 21% em costas protegidas, os demais encontram-se em rios (15%) e entradas marítimas (7%) (Figura 32). Esta distribuição da amostra contrasta com a distribuição nacional dos portos, conforme ilustrado na Figura 18.

Figura 32 - Localização dos portos selecionados.

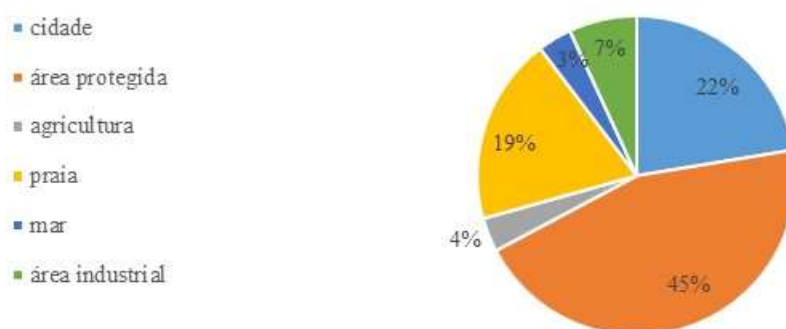
Fonte: Elaboração própria.

Dos 58 portos selecionados, 42% encontram-se na região sudeste e 24% na região nordeste. Diferente do panorama nacional, 17% encontram-se nas regiões sul e norte e nenhum dos portos selecionados encontram-se na região centro-oeste (Figura 33). Este resultado indica que apesar da região norte possuir a maior concentração de portos nacional, estes portos apresentam alguma limitação para receber navios mais modernos.

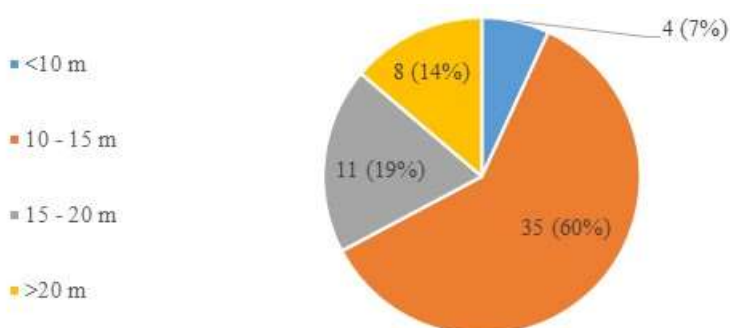
Figura 33 - Distribuição dos portos selecionados por região.

Fonte: Elaboração própria.

A maioria dos portos selecionados (45%) encontram-se envolvidos por áreas protegidas ou cidades (22%) indicando uma das origens das limitações para o desenvolvimento dos portos (Figura 34). Além disso, todos os portos que operam navios com calado de 15 metros ou mais foram selecionados e estes portos representam 14% da amostra. A maioria (60%) pode operar navios com calado entre 10 e 15 metros indicando os gargalos da modernização dos portos do Brasil (Figura 35).

Figura 34 - Distribuição dos portos selecionados por uso do solo.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 35 - Distribuição dos portos selecionados por classes de calado.

Fonte: Elaboração própria.

Novamente destaca-se que nenhuma das instalações portuárias atingiu a pontuação máxima de 50 pontos. A maior pontuação registrada foi 45 para o porto de Pecém, seguido pelos portos de Ponta da Madeira e Aratu com 42 pontos. Estes três portos localizam-se no nordeste do Brasil. Isso indica que atualmente, nenhuma instalação portuária brasileira atende totalmente a todos os critérios ideais para acomodar navios pós-Panamax. O porto de Pecém oferece águas profundas que excedem 15 metros, área do entorno disponível para expansão, exigência mínima de dragagens e acessibilidade satisfatória, porém, sem acesso direto por estrada e hidrovia interior, ou seja, falta infraestrutura para transporte de carga. Ponta da Madeira apresenta profundidade que ultrapassa os 15 metros, necessidade de dragagens pouco frequentes e acessibilidade satisfatória, com a vantagem adicional de acesso às redes rodoviária e ferroviária, mas enfrenta limites de expansão devido às restrições do porto vizinho. Aratu tem espaço disponível para expansão, sem necessidades de dragagens e acessibilidade satisfatória, mas profundidade de canal limitada de até 12,7 metros e depende de rodovias e ferrovias para o fluxo de produtos.

A terceira maior pontuação de 40 pontos foi alcançada por vários portos, todos eles terminais privados: Terminal Bianchini, Terminal Aquaviário Osório, Terminal da Ilha

Guaíba – TIG, Terminal Luiz Fogliatto – Termasa e Terminal Bunge Alimentos. Esses portos compartilham atributos comuns como construção recente, planejamento estratégico e encontram-se distantes de áreas urbanas.

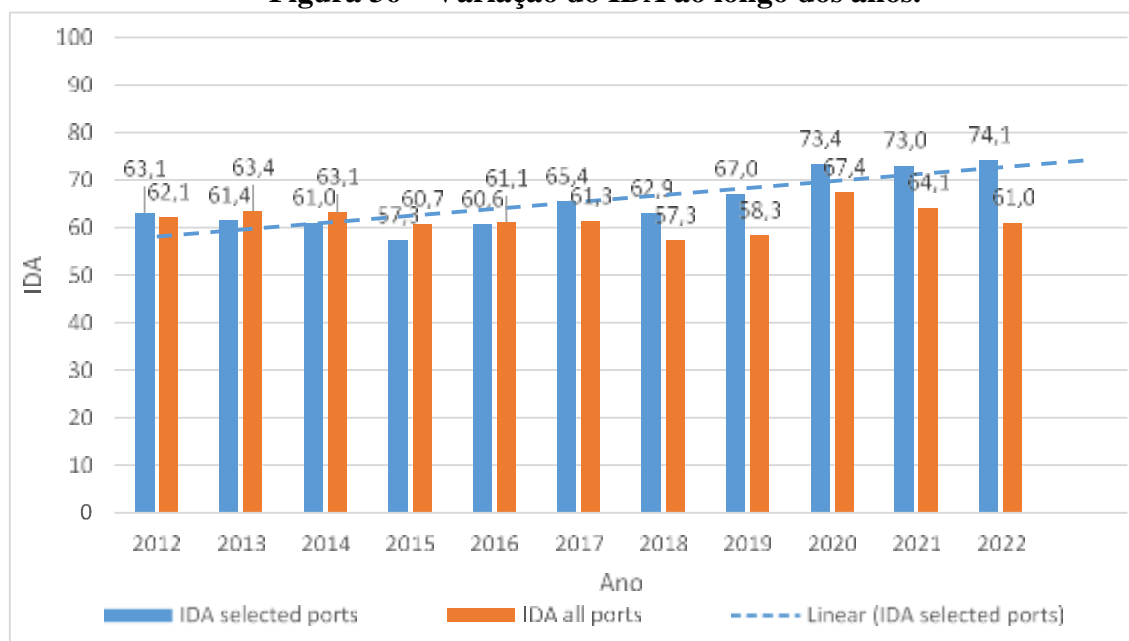
A aplicação dos critérios desenvolvidos nesta metodologia revelou o baixo desempenho de portos tradicionais cruciais para a logística do país. Por exemplo, o porto de Santos, conhecido como o maior e mais significativo porto da América Latina, classificou-se na 152ª posição, registrando apenas 15 pontos. Da mesma forma, os portos do Rio de Janeiro, (62ª posição, com 25 pontos), Paranaguá (80ª posição, 22 pontos), Recife (89ª, 20 pontos), Itajaí (150ª, 15 pontos) e Vitória (180ª, 10 pontos) enfrentam restrições significativas devido à proximidade com zonas urbanas. Esses portos desenvolvidos junto com as cidades enfrentam dificuldades com a expansão da infraestrutura e a alta demanda por dragagens.

5.2 Tópico 2: Desempenho Ambiental dos portos brasileiros candidatos a operar embarcações pós-Panamax

5.2.1 Análise global do desempenho temporal do IDA

Na Figura 36, a tendência dos resultados do IDA de 2012 a 2023 estão retratadas, demonstrando o desempenho dos portos selecionados em barras azuis comparados com a média de todos os portos brasileiros representados pela barra laranja. No geral, os portos selecionados exibiram um IDA médio maior em comparação com a média nacional, exceto para os anos de 2013 a 2016. Notavelmente, durante estes anos o IDA era aplicado apenas para os portos públicos. Como 73% da amostra consiste em TUPs, os resultados obtidos a partir de 2017 demonstram um aumento significativo de portos avaliados sendo mais representativo em relação ao cenário nacional. Em geral, é possível observar uma melhora progressiva nos resultados ao longo dos anos entre os portos selecionados.

Figura 36 - Variação do IDA ao longo dos anos.



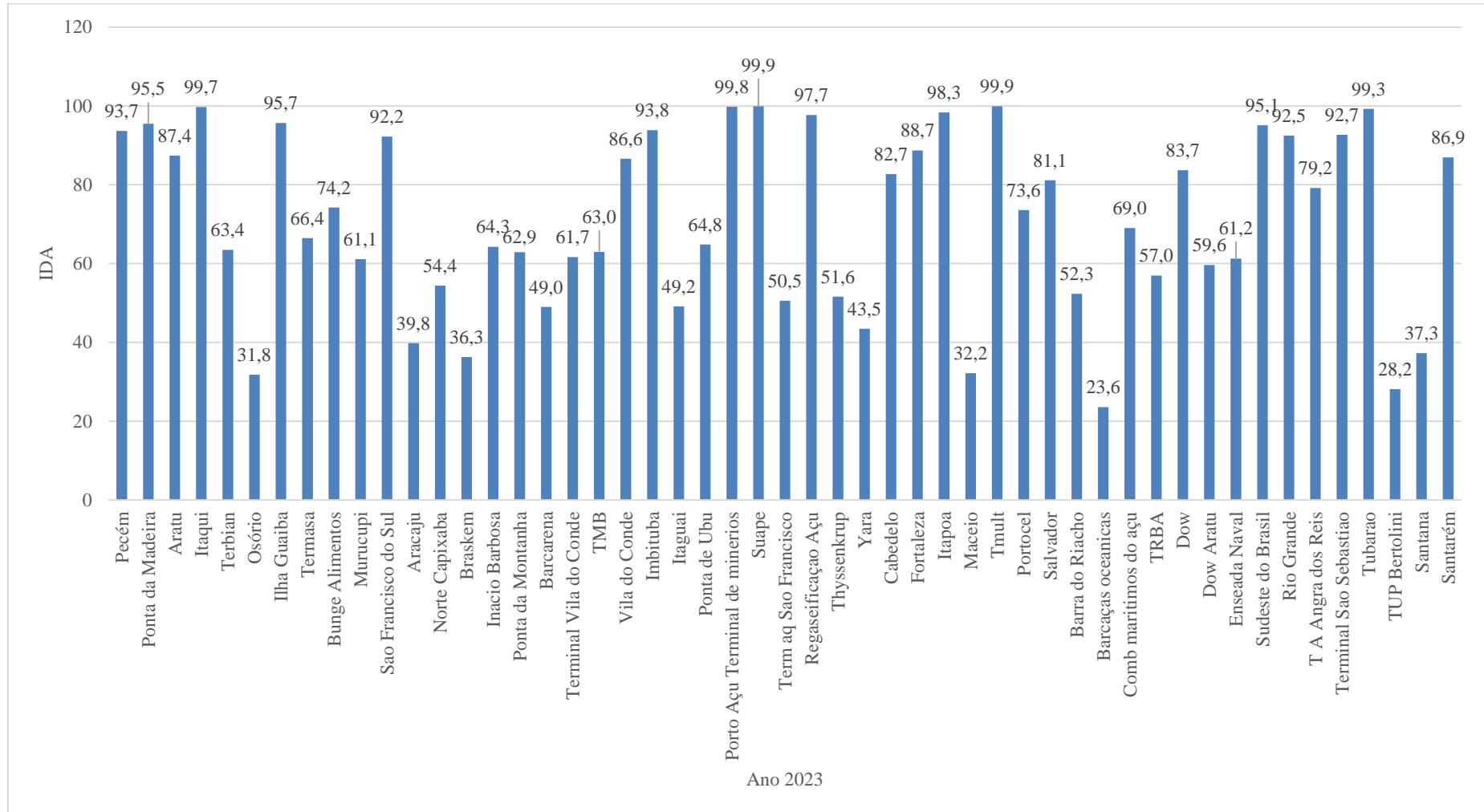
Fonte: Elaboração própria.

5.2.2 Análise do desempenho por porto no ano de 2023

O resultado do IDA por porto para o ano de 2023 revela significativa variação quanto à performance. O maior IDA encontrado foi o do porto de Suape com 99,89 seguido pelo porto TMULT e TCAR com 99,88, o porto de Açú – Terminal de minério com 99,79, o porto de Itaqui com 99,74 e o terminal de Tubarão com 99,25.

Os piores desempenhos ocorreram no terminal de barcaças oceânicas com 23,6, TUP Bertolini com 28,2, e terminal Osório com 31,8 (Figura 37). Foram excluídos os portos em que o IDA não foi disponibilizado pela ANTAQ e dos 58 portos selecionados inicialmente, restaram 51 portos.

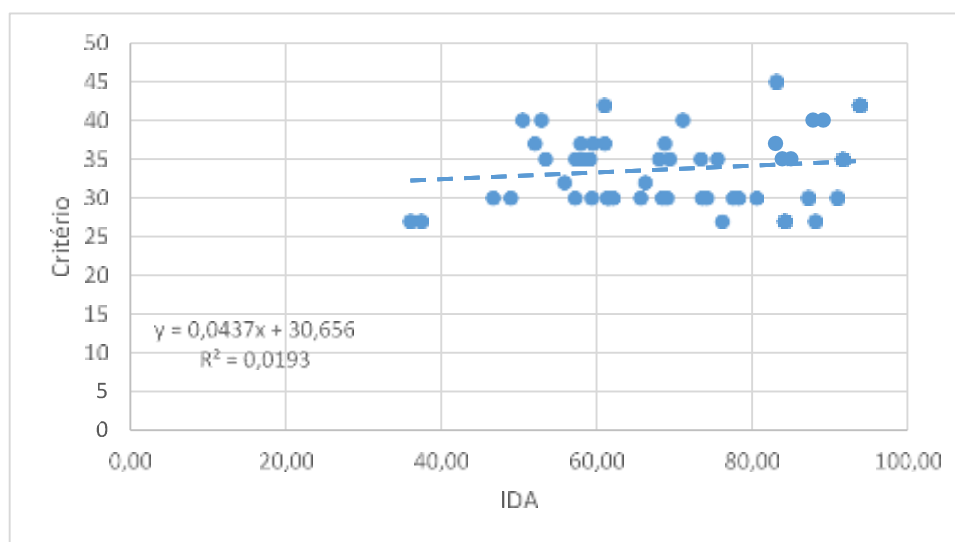
Figura 37 – Variação do IDA por porto no ano de 2023.



Fonte: Elaboração própria.

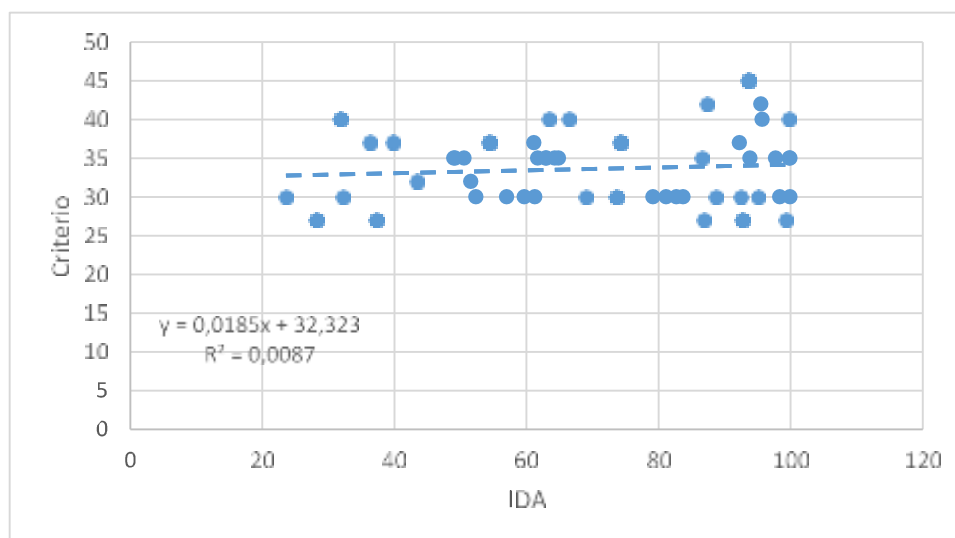
A análise de regressão demonstra fraca correlação entre os resultados da aplicação dos critérios e o resultado do IDA tanto para a média de todos os anos (Figura 38) quanto para o IDA do ano de 2023 entre os 58 portos selecionados (Figura 39). Isso significa dizer que ter um alto desempenho resultante da aplicação dos critérios não significa que este porto apresente também um alto desempenho nos resultados do IDA.

Figura 38 - Resultado da regressão entre a média geral do IDA e a nota obtida com a aplicação do critério.



Fonte: Elaboração própria.

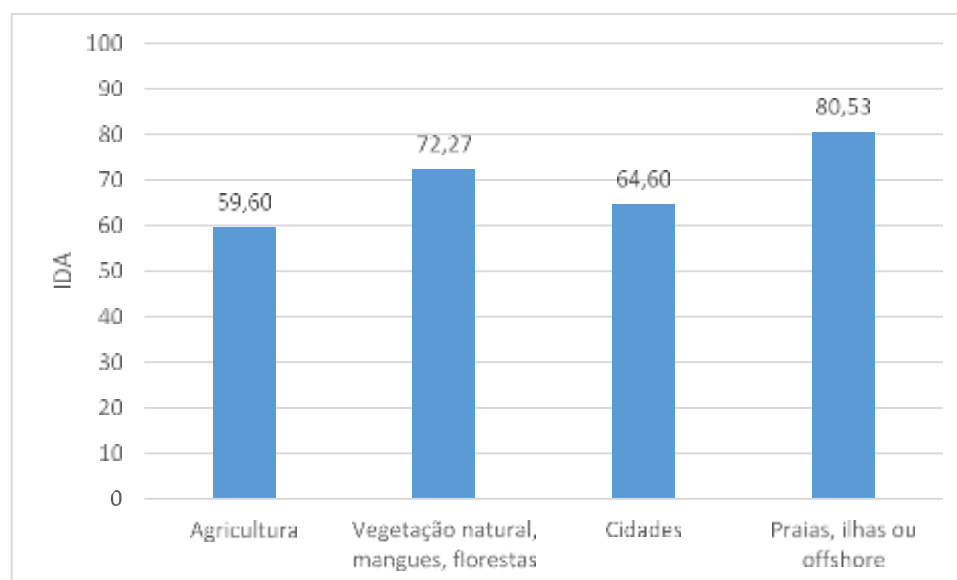
Figura 39 - Resultado da regressão entre o resultado do IDA em 2023 e a nota obtida com a aplicação do critério.



Fonte: Elaboração própria.

A variação nas pontuações do IDA relativas ao uso da terra no entorno dos portos oferece reflexões perspicazes sobre o desempenho ambiental (Figura 40). Portos localizados em áreas com vegetação natural, manguezais ou florestas exibem pontuação de IDA médio de 72,27, sugerindo uma correlação positiva entre a presença de ambientes ecologicamente importantes e práticas de gestão ambiental. Portos localizados próximos a praias, ilhas ou *offshores* também demonstram pontuações de IDA mais altas, com média de 50,53. Isso pode ser atribuído à consciência ambiental inerente associada às regiões costeiras e ao imperativo de preservar os ecossistemas marinhos e o turismo. Por outro lado, portos situados em paisagens agrícolas ou áreas urbanas exibem pontuações de IDA médios mais baixos de 59,6 e 64,6, respectivamente. A proximidade com atividades agrícolas pode induzir desafios relacionados ao uso de pesticidas, erosão do solo e contaminação da água, impactando o desempenho ambiental. Da mesma forma, o ambiente urbano aumenta problemas como poluição do ar, gestão de resíduos e fragmentação de habitats, influenciando ainda mais as pontuações do IDA. Estes resultados destacam a complexa relação entre os padrões de uso da terra e a administração ambiental nas proximidades dos portos, ressaltando a importância de estratégias específicas ao contexto para o desenvolvimento portuário sustentável.

Figura 40 - Variação do IDA relacionado ao uso do solo.



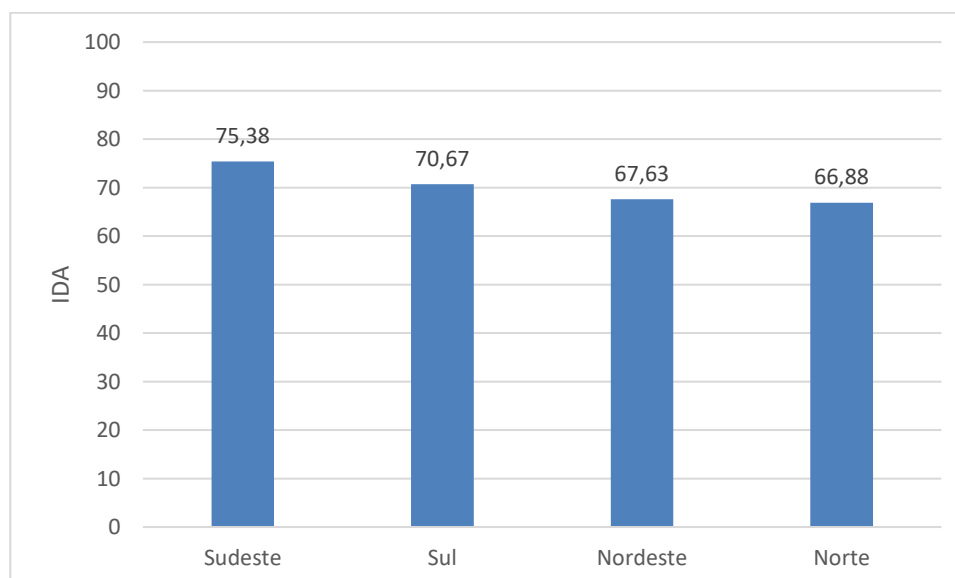
Fonte: Elaboração própria.

Geograficamente, a comparação das pontuações do IDA entre diferentes regiões do Brasil revela variações notáveis no desempenho ambiental entre as instalações portuárias. A região sudeste se destaca com a maior pontuação média do IDA de 75,4, seguida pela região sul com uma pontuação de 70,7 (Figura 41). Essas regiões têm sido historicamente reconhecidas por seus maiores níveis de desenvolvimento econômico, permitindo maior investimento em

iniciativas de gestão ambiental em suas instalações portuárias. Por outro lado, as regiões nordeste e norte apresentam pontuações médias mais baixas do IDA de 67,6 e 66,9, respectivamente.

As disparidades no desempenho ambiental se alinham com as descobertas de Rocha *et al.* (2018), que analisou os resultados do IDA entre o primeiro semestre de 2012 e o primeiro semestre de 2016 usando o teste de Duncan para comparar médias. O estudo destacou o desempenho ambiental superior dos portos na macrorregião sul/sudeste em comparação com aqueles da região norte/nordeste. O maior desenvolvimento financeiro nas regiões sul/sudeste provavelmente facilita investimentos mais intensivos em infraestrutura ambiental e medidas de conformidade, contribuindo para as maiores pontuações observadas do IDA. Além disso, diferenças regionais em estruturas regulatórias, engajamento de partes interessadas e conscientização ambiental também podem impactar as variações observadas no desempenho ambiental entre as instalações do Brasil em diferentes regiões. Também pode-se citar aqui as diferentes estruturas portuárias entre as regiões sudeste sul com as da região norte. Na região norte, a dependência de hidrovias para o transporte, resulta em aumento no número de terminais portuários menores, com pouca estrutura para implantação de medidas ambientais.

Figura 41 - Variação do IDA distribuídos por regiões.

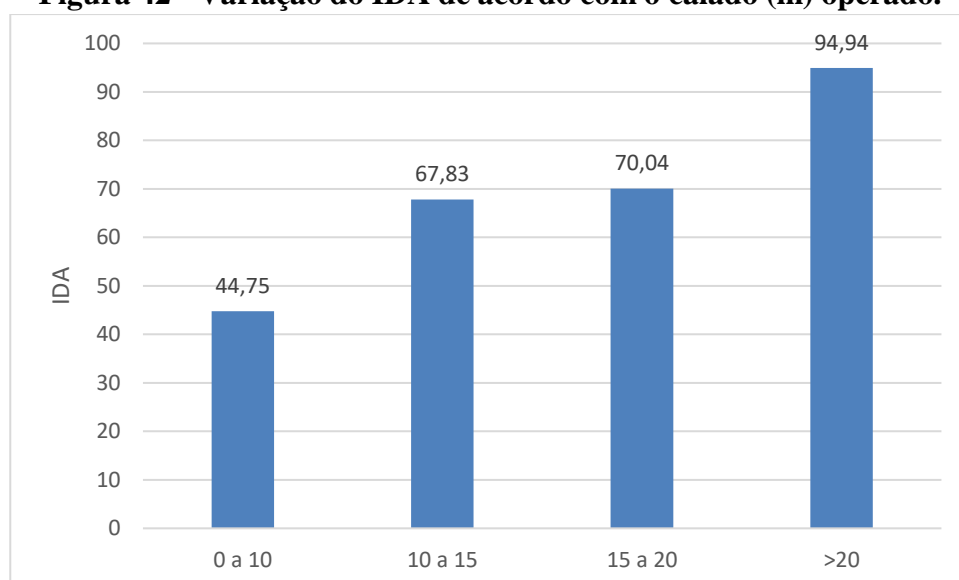


Fonte: Elaboração própria.

Em relação ao calado de operação dos portos, a análise do IDA revela variações significativas no desempenho ambiental considerando as capacidades operacionais para navios maiores (com calado acima de 20 metros) (Figura 42). Portos com profundidades para

receber navios com calado entre 0 e 10 metros apresentam a menor pontuação média do IDA de 44,75. À medida que o calado operacional aumenta, o desempenho ambiental melhora significativamente. Portos que operam navios com calado entre 10 e 15 metros alcançam uma pontuação média de 67,8 enquanto aqueles de profundidades entre 15 e 20 metros demonstram um aumento adicional para 70,04. A maior pontuação média do IDA de 94,94 é observada em portos com profundidades de canal que permitem a operação de navios com calado superiores a 20 metros. Essa tendência pode ser explicada pelo fato de que portos com canais mais profundos, estão sujeitas a regulamentações ambientais mais rigorosas e frequentemente exigem infraestrutura e tecnologias avançadas para mitigar os impactos ambientais. Além disso, portos que operam navios maiores podem atrair mais tráfego marítimo internacional, o que leva a maior interesse e investimentos em práticas de gestão ambiental. Ademais, são portos maiores com mais recursos para investir em meio ambiente.

Figura 42 - Variação do IDA de acordo com o calado (m) operado.



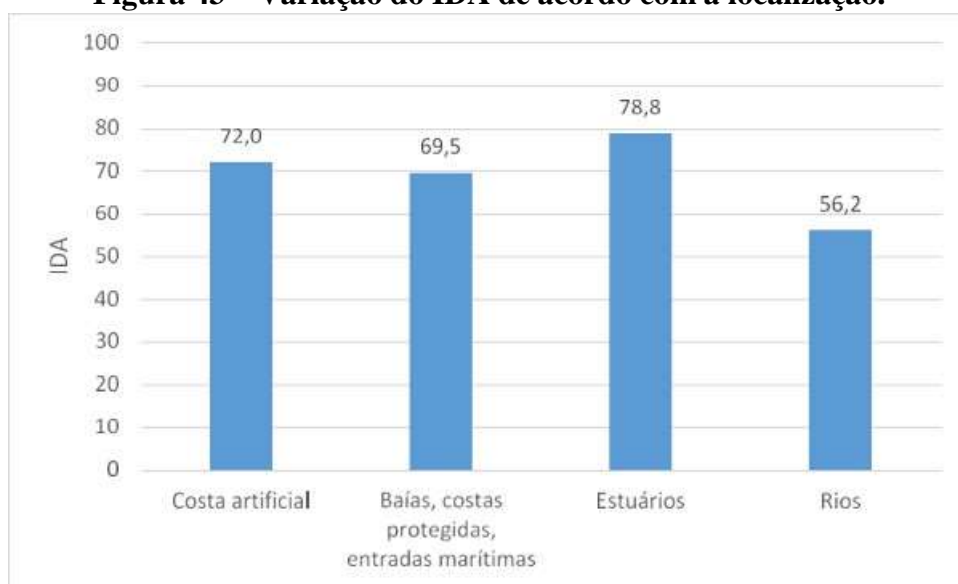
Fonte: Elaboração própria.

A variação nas pontuações do IDA em diferentes locais portuários revelam informações interessantes sobre o desempenho ambiental influenciado pela geografia costeira (Figura 43). Portos situados ao longo de litorais e baías artificiais, costa protegida ou entradas marítimas exibem pontuações de 72 e 69,5, respectivamente. Essas pontuações sugerem um nível moderado de gestão ambiental nestes ambientes costeiros controlados. Em contraste, portos localizados em regiões estuarinas demonstram melhor pontuação com um IDA médio de 78,8. Esse desempenho superior aos demais pode ser atribuído às características ecológicas e exigências regulatórias associadas aos estuários, estimulando práticas de gestão ambiental mais rigorosas para preservar habitats sensíveis. Por outro lado, portos situados ao longo de

rios exibem a menor pontuação com um IDA médio de 56,2, refletindo potenciais desafios relacionados à qualidade da água, sedimentação e perturbação do habitat inerentes aos ambientes lóticos. Além disso, os pequenos terminais portuários localizados na região amazônica são predominantes entre os portos localizados em rios, o que contribui para o menor desempenho do IDA.

Ressalta-se que os portos da região norte estão localizados predominantemente em rios, o que pode justificar esse desempenho mais fraco, pois a região norte enfrenta desafios ambientais distintos que podem impactar as operações portuárias e as práticas de gestão. Além disso, os pequenos terminais portuários predominantes na região amazônica e utilizados apenas para deslocamento local (passageiros e mercadorias) apresentam maior dificuldade para atender exigências ambientais mais complexas. Essas descobertas ressaltam a importância de geografia costeira no desempenho ambiental do porto e destacam a importância de abordagens e gestão personalizadas para abordar desafios e oportunidades específicos do local. Também é importante destacar que os pequenos terminais portuários predominantes na região norte do Brasil apresentam menos recursos financeiros, com menor capacidade para investir em meio ambiente.

Figura 43 - Variação do IDA de acordo com a localização.



Fonte: Elaboração própria.

5.2.3 Análise do desempenho por indicador

A seguir, na Tabela 11 são apresentados os resultados obtidos do IDA por indicador

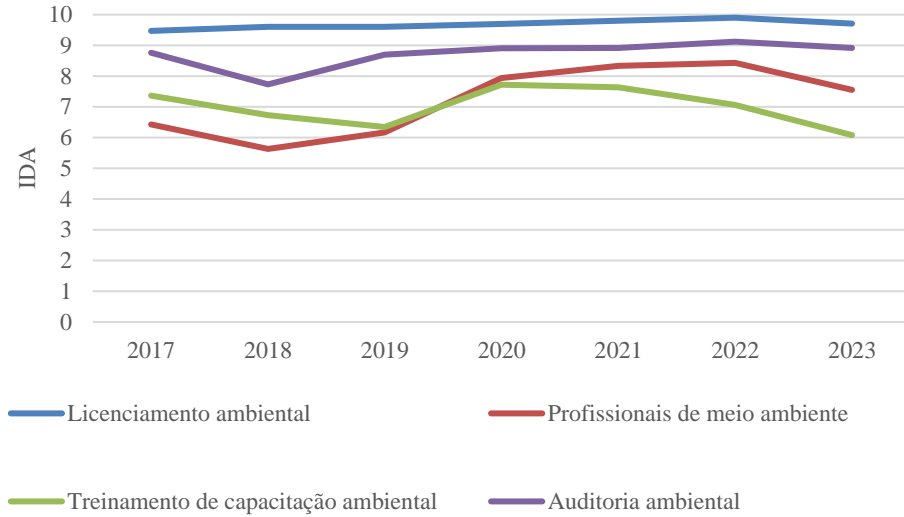
para o período entre 2017 e 2023. O período selecionado justifica-se porque 2017 foi o primeiro ano em que os TUPs também passaram a apresentar o índice e 2023 foi o último ano em que o IDA foi disponibilizado pela ANTAQ.

Os gráficos na Figura 44 a Figura 52 representam as informações apresentadas no Tabela 11 para facilitar a visualização de como os indicadores variaram ao longo dos anos. Percebe-se que de maneira geral há uma certa estabilidade no comportamento dos indicadores, não havendo grandes oscilações ao longo do período.

Tabela 11 - Resultados do IDA para a categoria econômica-operacional para os anos de entre 2017 e 2023. Em azul destaca-se os indicadores que são apresentados apenas pelos portos organizados.

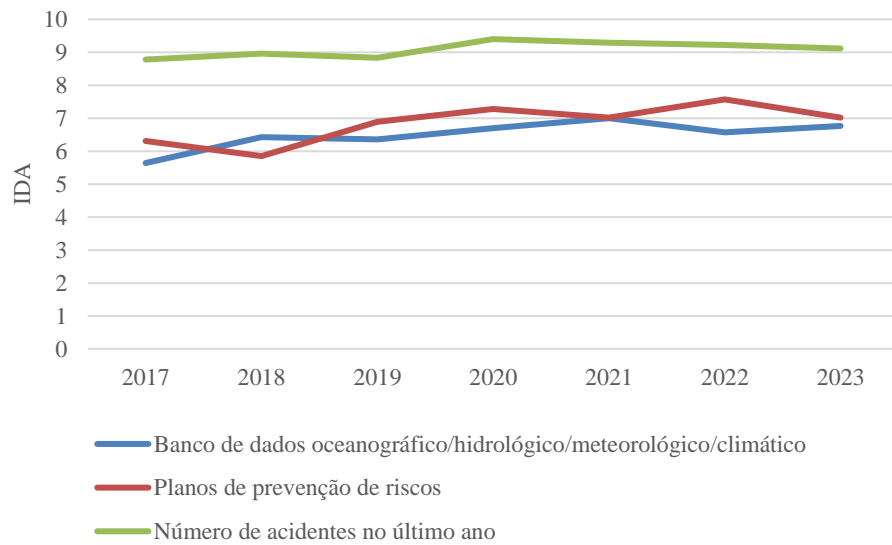
Categoria	Subcategorias	Indicadores	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Média
Econômico-operacional	Governança ambiental	Licenciamento ambiental	9,47	9,60	9,60	9,70	9,80	9,90	9,71	9,68
		Profissionais de meio ambiente	6,43	5,63	6,17	7,94	8,33	8,43	7,55	7,21
		Treinamento de capacitação ambiental	7,36	6,73	6,34	7,72	7,63	7,06	6,08	6,99
		Auditoria ambiental	8,76	7,73	8,70	8,91	8,92	9,12	8,92	8,72
	Segurança	Banco de dados oceanográfico/hidrológico/meteorológico/climático	5,64	6,42	6,36	6,70	7,00	6,57	6,76	6,49
		Planos de prevenção de riscos	6,31	5,85	6,89	7,28	7,02	7,57	7,02	6,85
		Número de acidentes no último ano	8,78	8,96	8,83	9,40	9,29	9,22	9,12	9,09
	Gestão das operações portuárias	Retirada de resíduos dos navios	4,75	5,06	5,83	6,57	6,04	5,37	4,98	5,51
		Ações de movimentação com produto perigoso	8,64	8,27	8,64	9,18	8,20	6,70	6,30	7,99
	Gerenciamento de energia	Redução de consumo de energia	5,47	5,25	5,43	5,94	5,71	5,98	5,78	5,65
		Geração de energia limpa e renovável	2,32	2,96	2,89	4,62	4,57	4,35	4,31	3,72
		Fornecimento de energia para os navios	1,73	1,67	1,57	1,85	2,43	1,22	1,37	1,69
	Custos e benefícios das ações ambientais	Apoio à gestão ambiental	7,55	6,38	7,32	7,87	7,55	7,51	6,33	7,22
	Agenda ambiental	Informações ambientais por sítio eletrônico	3,69	3,08	3,53	4,43	4,45	3,96	3,53	3,81
		Agenda ambiental local	4,72	3,88	3,45	3,47	4,06	3,96	3,92	3,92
		Agenda ambiental institucional	5,86	5,00	4,49	5,49	5,04	5,40	4,41	5,10
		Certificações voluntárias	4,62	4,81	5,70	6,00	6,08	5,40	5,76	5,48
	Gestão condominial do porto organizado	Acompanhamento do desempenho ambiental dos terminais arrendados	9,46	9,62	9,77	9,77	9,50	9,50	8,79	9,49
		Licenciamento ambiental das empresas	10,00	10,00	10,00	10,00	9,79	9,64	9,29	9,82
		PEI - Plano de Emergência Individual dos terminais arrendados	9,25	8,15	8,15	8,00	8,29	7,93	9,21	8,43
		Auditoria ambiental dos terminais arrendados	7,42	6,77	8,23	7,85	8,07	7,50	6,43	7,47
		PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos sólidos dos terminais arrendados	8,92	8,54	9,46	9,08	9,21	9,07	10,00	9,18
		Certificações voluntárias dos terminais arrendados	6,50	6,00	6,23	6,38	5,86	6,14	5,86	6,14

Figura 44 - Variação dos indicadores econômico-operacional ao longo dos anos por parâmetro.



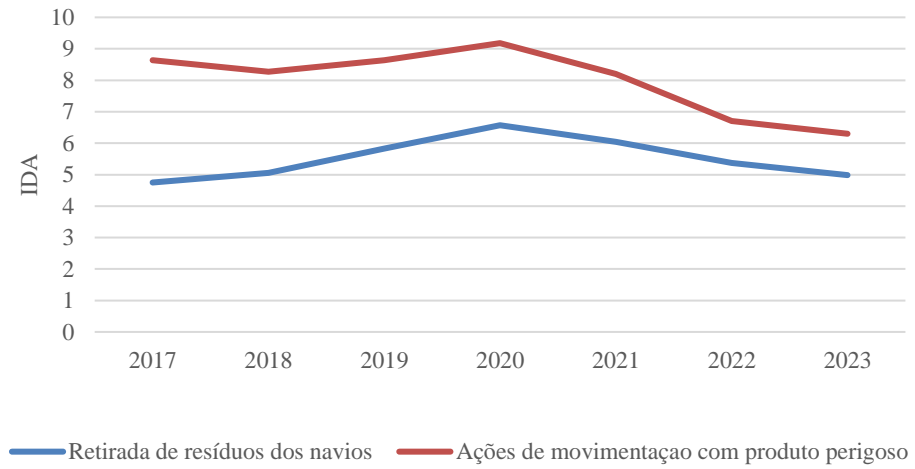
Fonte: Elaboração própria.

Figura 45 - Variação dos indicadores econômico-operacional ao longo dos anos por parâmetro.



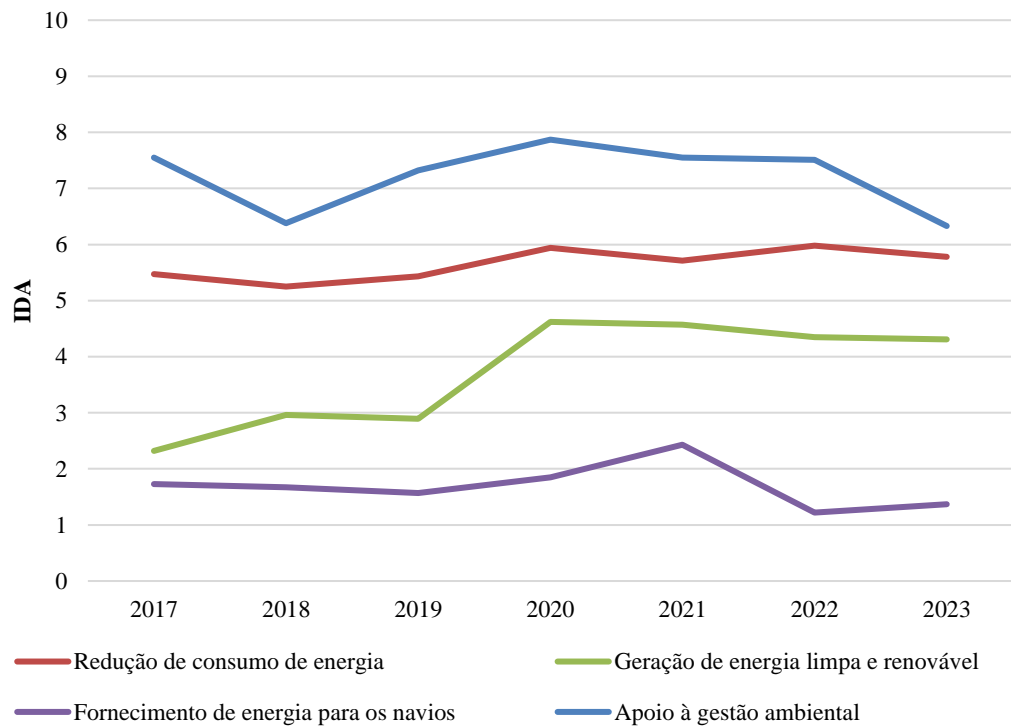
Fonte: Elaboração própria.

Figura 46 - Variação dos indicadores econômico-operacional ao longo dos anos por parâmetro.



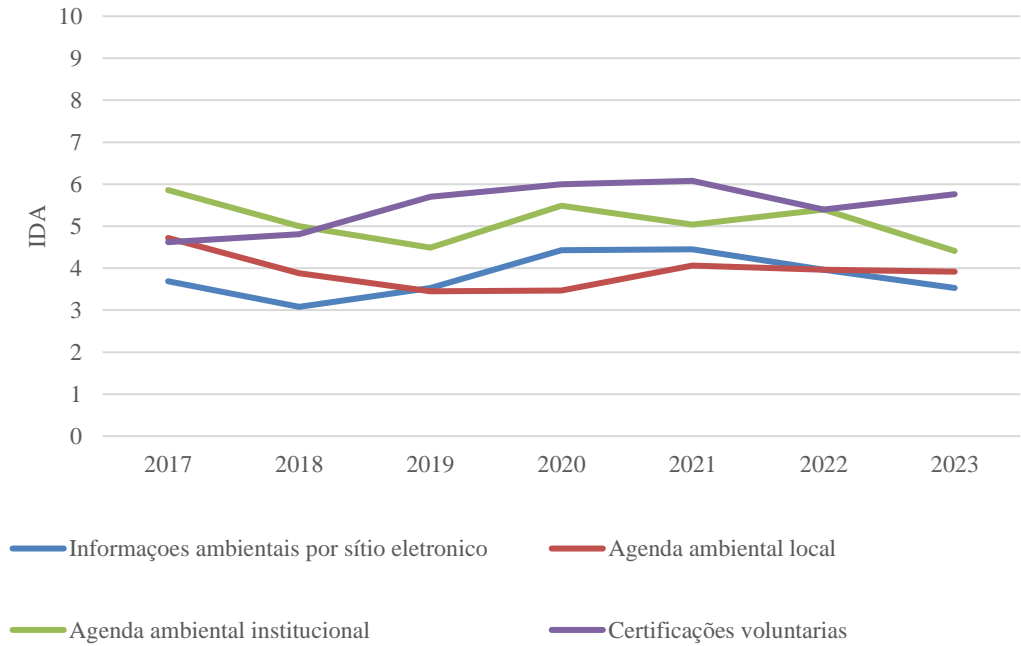
Fonte: Elaboração própria.

Figura 47 - Variação dos indicadores econômico-operacional ao longo dos anos por parâmetro.



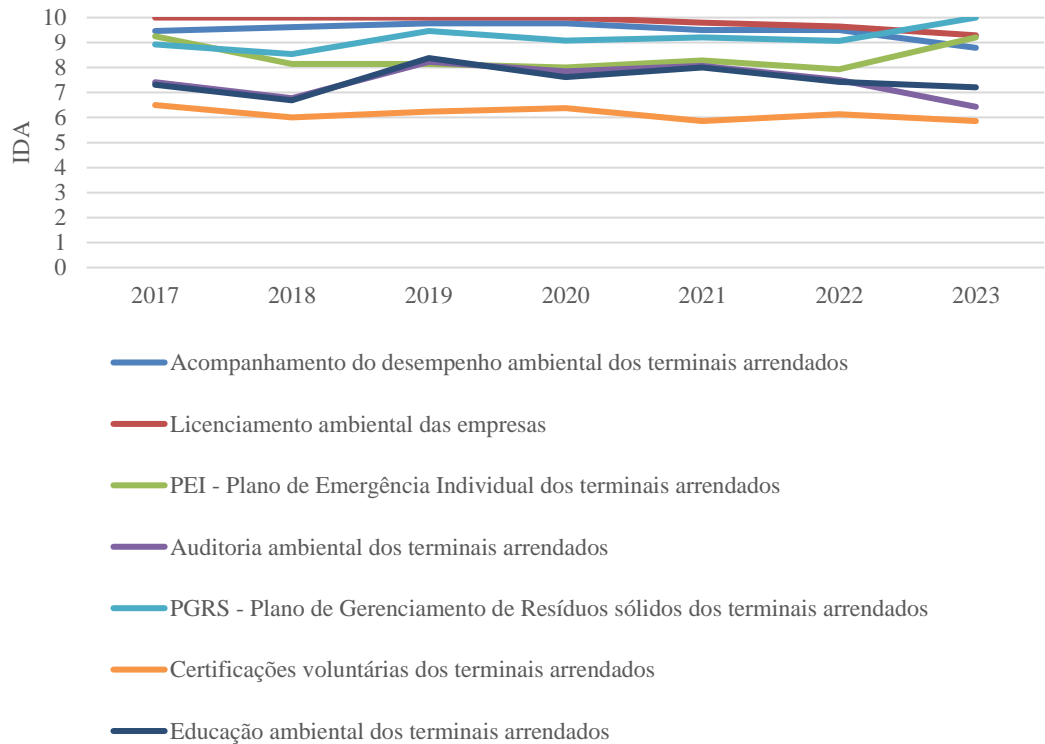
Fonte: Elaboração própria.

Figura 48 - Variação dos indicadores econômico-operacional ao longo dos anos por parâmetro.



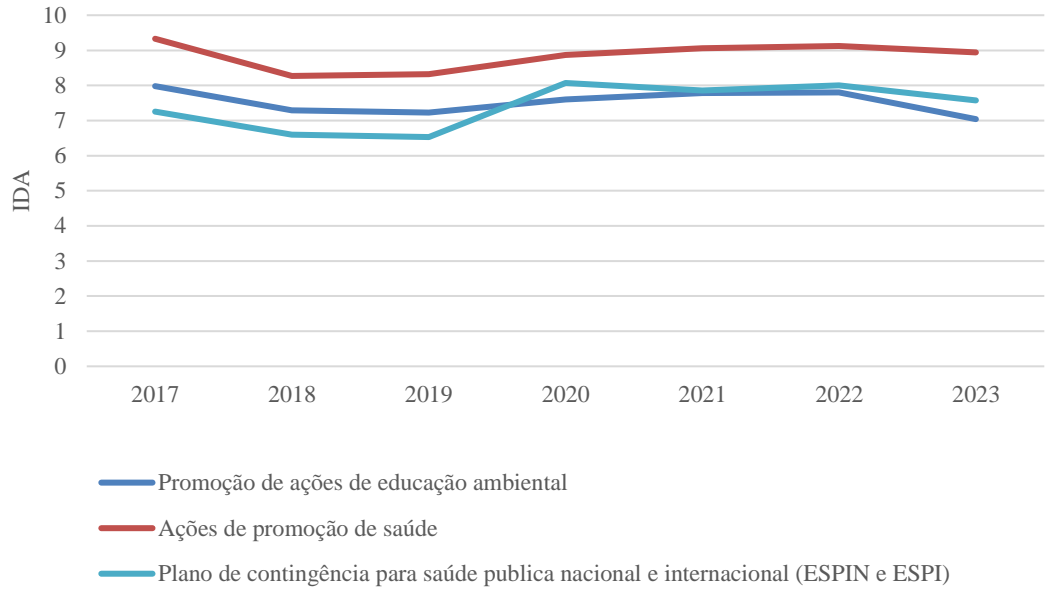
Fonte: Elaboração própria.

Figura 49 - Variação dos indicadores econômico-operacional ao longo dos anos por parâmetro.



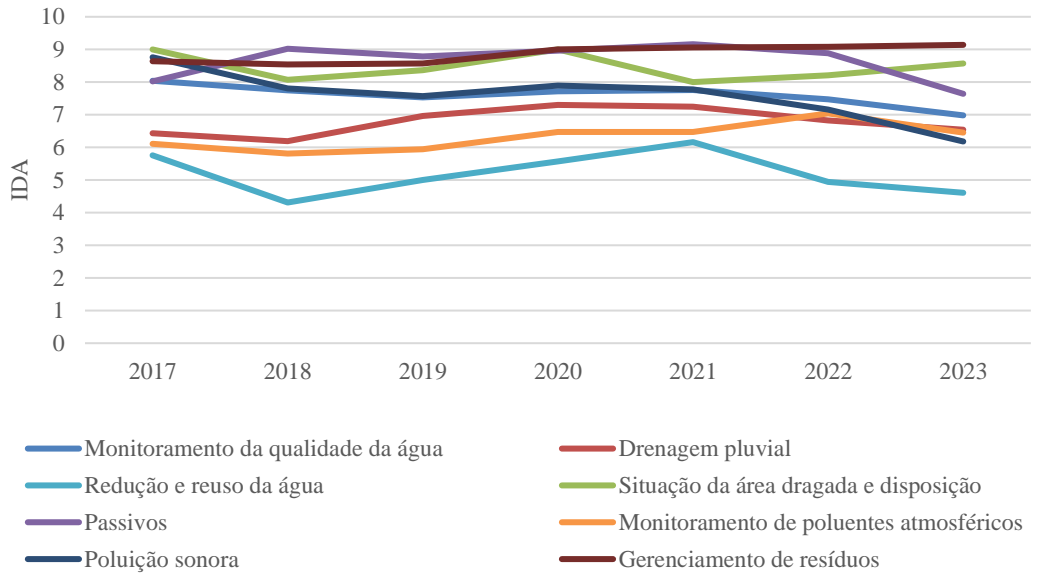
Fonte: Elaboração própria.

Figura 50 - Variação dos indicadores sociocultural ao longo dos anos por parâmetro.



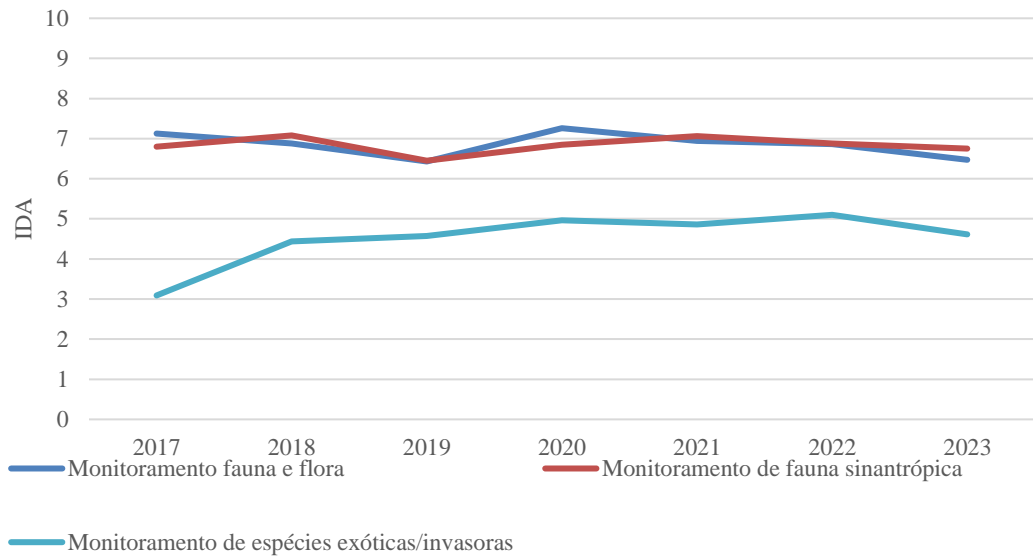
Fonte: Elaboração própria.

Figura 51 - Variação dos indicadores físico-químicos ao longo dos anos por parâmetro.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 52 - Variação dos indicadores biológico-ecológico ao longo dos anos por parâmetro.



Fonte: Elaboração própria.

5.2.3.1 Categoria Econômico-operacional

Em relação à categoria econômico-operacional, o indicador com melhor desempenho foi o de licenciamento ambiental do porto, sendo este o indicador com o melhor desempenho entre todos os 38 analisados, ressaltando a influência da legislação ambiental nas operações portuárias considerando-se que este é uma obrigação legal do porto. Segundo um estudo de Roos e Kliemann Neto (2017), em 2013, 62,2% dos 35 portos (no período do estudo, apenas os portos organizados apresentavam o IDA) possuíam licença ambiental em suas operações, 16,2% estavam em processo de obtenção e 21,6% não possuíam licença nem processo de licenciamento em andamento. Como exemplo, cita-se o porto de Santos que na época estava operando com a licença ambiental pendente, apenas com um processo de licenciamento em andamento. Em 2023, 96% dos portos apresentaram a licença ambiental devidamente vigente e apenas um porto encontrava-se sem licença e um porto em processo de licenciamento. Isso indica que, em curto período, a maioria considerável dos portos se adaptou a este indicador seja por imposição da legislação ambiental ou conscientização ambiental.

O segundo indicador com melhor desempenho ambiental foi ocorrência de acidentes ambientais no último ano com uma média acima de 9, refletindo uma abordagem proativa em relação à administração ambiental. O terceiro indicador com melhor resultado foi o de

auditoria ambiental. Esse indicador apresentou um resultado médio acima de 8 indicando uma certa estabilidade no seu resultado ao longo dos anos.

Com desempenho médio (pontuação em torno de 7), estão o apoio à gestão ambiental e profissionais de meio ambiente, indicando uma tendência positiva em relação à internalização das ações ambientais e a contratação de pessoal. Segundo Figueiredo *et al.* (2016) houve desafios históricos para encontrar mão de obra qualificada no setor.

Com desempenho em torno de 6, estão treinamento de capacitação ambiental, planos de prevenção de riscos e banco de dados oceanográficos. Aparentemente os portos estão tendo dificuldades em evoluir nesses indicadores, no entanto, destaca-se os desafios contínuos para o desenvolvimento dos planos de prevenção de riscos já que a implantação deste indicador é de extrema importância para a segurança dos portos.

Os piores resultados (média inferior a 6) estão retirada de resíduos dos navios, redução do consumo de energia, agenda ambiental institucional, certificações voluntárias e destaca-se com os piores resultados agenda ambiental local, informações ambientais por sítio eletrônico, geração de energia limpa e renovável e fornecimento de energia para os navios com o pior resultado desta categoria. Estes indicadores representam uma dificuldade notável para os portos brasileiros. Calcerano e Hilsdorf (2021) observaram que as práticas observadas nos terminais visando à redução do consumo de energia e das emissões de carbono estavam primariamente ligadas à eficiência operacional e não a iniciativas de sustentabilidade. Atualmente, somente um conseguiram atender o indicador de fornecimento de energia para os navios em sua plenitude que foram os terminais Terbian – terminal Bianchini.

O desempenho insatisfatório relacionado às subcategorias de gestão das operações portuárias e agenda ambiental demonstram que as instalações portuárias estão falhando em atender a esses requisitos.

Por fim, destacam-se os indicadores desta categoria aplicados apenas para os portos organizados que são: ações de movimentação com produtos perigosos e os indicadores que compõem a subcategoria de gestão condominial do porto. A média dos resultados para as ações de movimentação com produtos perigosos demonstra um desempenho satisfatório dos portos em relação a este parâmetro (7,99), porém houve uma queda dos resultados nos últimos anos sendo que em 2020 este indicador chegou a alcançar um resultado de 9,18 e desde então apresenta uma piora gradativa.

Em relação a subcategoria de gestão condominial dos portos vários destaques

positivos podem ser observados que resultaram em ótimos desempenhos. Primeiramente, três indicadores desta categoria tiveram notas acima de 9 pontos: acompanhamento do desempenho ambiental dos portos arrendados, licenciamento ambiental das empresas e plano de gerenciamento de resíduos sólidos dos terminais arrendados indicando que autoridades portuárias implementam ações de controle sobre o desempenho ambiental dos operadores dos terminais.

O indicador de plano de emergência individual dos portos arrendados apresentou resultado satisfatório (média de 8,43) e este desempenho é importante considerando que a segurança do porto depende de um plano eficiente.

Os indicadores auditoria ambiental dos terminais arrendados e educação ambiental dos terminais arrendados apresentaram desempenhos medianos com resultados em torno de 7.

O pior desempenho desta subcategoria foi atribuído às certificações voluntárias dos terminais arrendados.

5.2.3.2 Categoria Sociocultural

Os resultados dos indicadores socioculturais demonstram que a maioria dos portos atendeu com sucesso aos requisitos de promoção de ações de educação ambiental, ações de promoção à saúde e plano de contingência para a saúde pública, sendo este último indicador exigido apenas para portos públicos. No geral, os portos parecem encontrar desafios mínimos na implementação de indicadores desta categoria. Os indicadores que formam esta categoria apresentaram resultados muito semelhantes ao longo dos anos, indicando pouca mudança no período de acompanhamento do IDA.

5.2.3.3 Categoria Físico-Química

Os resultados dos indicadores físico-químicos demonstram que estes indicadores vêm sendo atendidos de forma satisfatória com o melhor desempenho observado para gerenciamento de resíduos que apresentou uma evolução ao longo dos anos de aplicação do IDA chegando a 9,14 em 2023. O segundo indicador com o melhor desempenho foi o de resolução de passivos ambientais seguido pelo indicador da situação da área dragada e disposição sendo este aplicado apenas para os portos organizados públicos brasileiros.

Os demais indicadores apresentaram desempenho mediano com IDA médio variando entre 5,19 e 7,61. Estes indicadores parecem ser desafiadores para os portos que não atendem

totalmente a este critério.

Historicamente, o indicador monitoramento da qualidade da água foi um desafio no passado, com apenas 8% dos portos atendendo a este critério de acordo com as descobertas de Ramalho (2015). No entanto, ao longo dos anos analisados, houve progresso, e a maioria dos portos atendeu a este indicador, sugerindo melhoria nos últimos anos.

A existência de um programa de redução e reuso da água e implementação e monitoramento de poluentes atmosféricos apresentaram os piores desempenhos nesta categoria, sugerindo espaço para melhorias nas práticas de gestão da água e de poluentes atmosféricos.

5.2.3.4 Categoria Biológico-Ecológico

Os resultados desta categoria fornecem informações importantes sobre vários aspectos da conservação ambiental. Notavelmente, os indicadores desta subcategoria têm pontuações com médias inferiores a 7 pontos, o que significa que, aparentemente, os portos analisados têm dificuldades para implementá-los. A implementação do monitoramento da fauna e flora e o monitoramento da fauna sinantrópica apresentaram resultados médios muito semelhantes indicando um esforço análogo na implantação destes dois programas. A dificuldade de implantação de um monitoramento da fauna sinantrópica pode estar relacionada ao tipo de carga movimentada já que os TUPs que movimentam principalmente contêineres, produtos petrolíferos ou minérios não apresentam tanto problema com este indicador quando comparados aos portos que movimentam grãos e cereais.

O monitoramento e a implantação de sistemas de controle de espécies exóticas/invasoras configuram um desafio contínuo no gerenciamento de espécies não nativas que representam ameaças aos ecossistemas locais.

5.3 Tópico 3: Mapeamento das áreas suscetíveis a implantação de portos para operar embarcações pós-Panamax

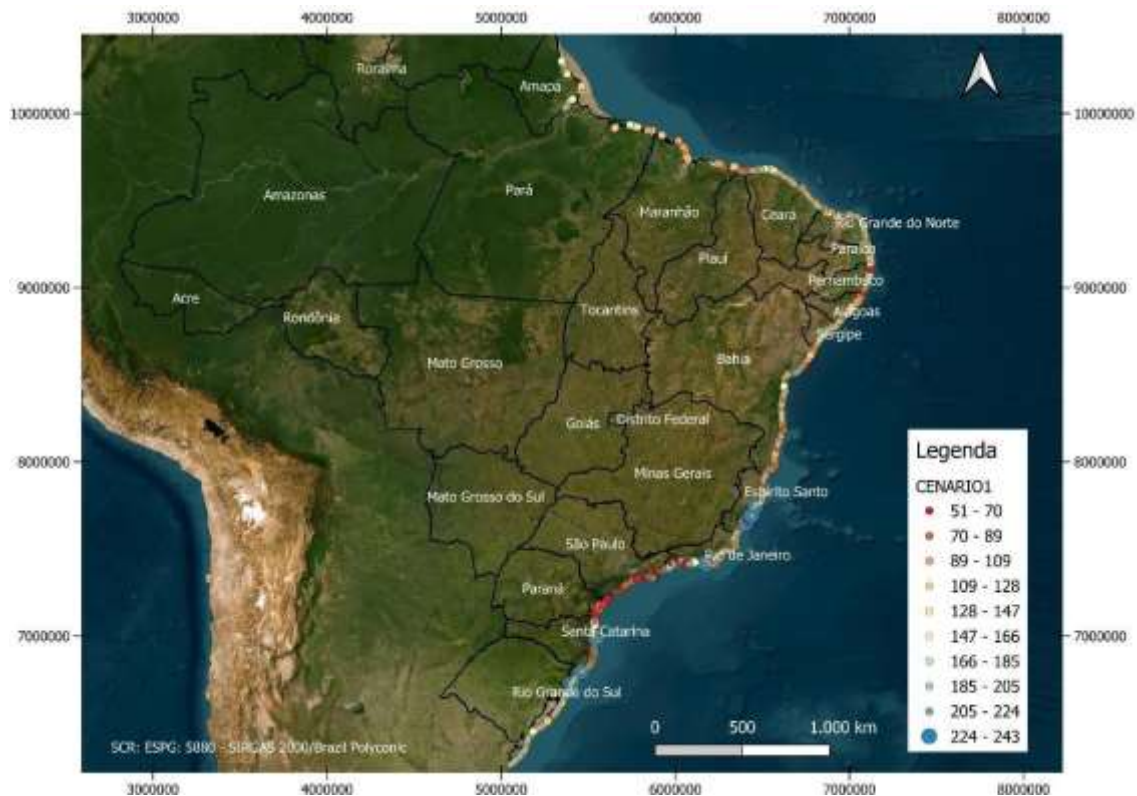
A partir da linha de costa foi traçada uma segunda linha a 1 km de distância em direção ao oceano para demonstrar as áreas aptas para a construção de novos portos capazes de receber e operar navios pós-Panamax. Nesta linha foram inseridos pontos a cada 5 km para indicar as áreas com maior e menor aptidão para instalação de portos capazes de receber e

operar navios pós-Panamax.

Considerando o cenário utilizado neste estudo, foram encontradas, relativamente, poucas áreas aptas para a construção dos portos. Ressalta-se que a modelagem aqui realizada considerou exclusivamente as características físicas e ambientais das áreas e não foi realizada a análise vocacional da região neste primeiro momento.

A Figura 53 apresenta o resultado geral do modelo ao longo da costa brasileira. Destaca-se na região sudeste a maior concentração de pontos vermelhos que indicam menor aptidão para a instalação de novos portos. Provavelmente este resultado é reflexo da grande concentração de conglomerados urbanos nesta região e de unidades de conservação que impossibilitam a implantação de novos portos para o modelo aplicado. Foram destacados os pontos azuis (mais aptos) para melhor visualização destas áreas.

Figura 53 - Vista do resultado geral para a costa brasileira.



Fonte: Elaboração própria.

Para o cenário analisado foram encontrados 11 pontos com maior aptidão ao longo da costa. A seguir serão discutidos detalhadamente estes pontos.

Seguindo de norte para o sul, o primeiro ponto com maior aptidão encontrado está localizado ao norte do Espírito Santo, no município de Barra do Riacho. Este primeiro ponto encontra-se em uma área onde estão instalados outros três terminais portuários: Portocel,

Estaleiro Jurong e Barra do Riacho (Figura 54). Neste local, o resultado pode ter sido reflexo da profundidade e do fato de não haver um grande conglomerado urbano o que permitiria o porto ter uma grande área em terra para operação e armazenamento de carga. No entanto, nestes três portos já houve necessidade de dragagem para aprofundamento. Além disso, a infraestrutura multimodal nesta região é insuficiente ou inexistente.

Figura 54 - Vista aérea do primeiro ponto com maior aptidão (Barra do Riacho/ES).



Fonte: Elaboração própria.

O segundo ponto está localizado também no Espírito Santo, no município de Vitória, próximo aos terminais de Tubarão e Praia Mole. As maiores profundidades e ausência de unidades de conservação podem ter influenciado o resultado. No entanto, verifica-se que a área próxima encontra-se densamente povoada com poucas áreas em terra disponíveis para operação e armazenamento de cargas o que possivelmente desencadearia o conflito portocidade (Figura 55).

Figura 55 - Vista do primeiro ponto com maior aptidão (Vitória/ES).



Fonte: Elaboração própria.

O terceiro ponto também se localiza no estado do Espírito Santo, porém mais ao sul deste estado, no município de Nova Guarapari, onde a profundidade elevada, a relativa baixa densidade demográfica e a ausência de unidades de conservação foram determinantes (Figura 56).

Figura 56 - Vista do segundo ponto com maior aptidão (Nova Guarapari/ES).



Fonte: Elaboração própria.

Dos 11 pontos identificados, três estão localizados no Rio de Janeiro, entre Jacaré e Saquarema ao norte da capital, Rio de Janeiro. Esta área apresenta profundidade adequada, ausência de unidades de conservação e uma malha robusta de transporte, apesar de ser consideravelmente edificada (Figura 57).

Figura 57 - Vista dos três pontos de maior aptidão localizados entre Jaconé e Saquarema/RJ.



Fonte: Elaboração própria.

Foram identificados também dois pontos localizados próximos aos municípios de Araçá e Bombinhas, em Santa Catarina. No entanto, estes pontos podem não ser adequados, ou seria necessário um plano de prevenção de acidentes mais complexo, pois estão localizados próximos a reserva do Arvoredo. Estes pontos parecem ter a profundidade e áreas em terra adequadas a um porto moderno (Figura 58).

Figura 58 - Vista dos dois pontos de maior aptidão localizados nos municípios de Araçá e Bombinhas/SC.



Fonte: Elaboração própria.

O sexto ponto está localizado ao sul de Santa Catarina no município de Balneário Rincão. Este local apresenta profundidade e espaço em terra para implantação do porto (Figura 59).

Figura 59 - Vista do ponto de maior aptidão localizado em Balneário Rincão/SC.



Fonte: Elaboração própria.

Os dois últimos pontos localizam-se no Rio Grande do Sul, no município de Arroio do Sal. Os maiores potenciais destes pontos são a profundidade elevada e a ausência de unidades de conservação. Todavia, esta região apresenta relativa densidade demográfica mais próxima da costa (Figura 60).

Figura 60 - Vista dos pontos de maior aptidão localizado em Arroio do Sal/RS.



Fonte: Elaboração própria.

Percebe-se também, que este primeiro cenário criado resultou na exclusão de todo o litoral de São Paulo para a construção de novos portos. A forte repulsão pode ser evidenciada pela predominância de pontos com tonalidade de vermelho mais forte. No litoral do sudeste as maiores causas da repulsão de instalação de novos portos foram as áreas densamente edificadas e tanto ao norte quanto ao sul, a limitação é a densidade de rodovias.

Do litoral da Bahia até o limite norte, não foi encontrado pontos de maior aptidão para implantação de portos, porém a tonalidade dos pontos está mais puxado para amarelo e laranja o que indica que são áreas de média aptidão/repulsão. O mesmo ocorre para o extremo sul. Nestas duas regiões não há grandes polos urbanos, industriais ou rodovias o que torna a região pouco atrativa para construção de novos portos, principalmente no extremo norte e o extremo sul do Brasil.

6 DISCUSSÃO

Para o desenvolvimento deste estudo, foi realizada uma triagem preliminar dos portos brasileiros, focando, principalmente, em critérios físicos e de infraestrutura como calado máximo permitido por porto, capacidade de expansão por terra, frequência de dragagem exigida, facilidade/dificuldade de acesso por água e infraestrutura de transporte. De um total de 210 instalações portuárias investigadas, 58 foram indicadas como tendo potencial para expansão e operação de embarcações pós-Panamax baseando-se nestes fatores. No entanto, esta análise não considerou vários elementos críticos como fatores financeiros, condições ambientais, influências climáticas e certas complexidades de navegação que também podem impactar na adequação dos portos para expansão.

Por exemplo, fatores materiais, como custos e esforços necessários para melhorar a infraestrutura portuária, variam amplamente dependendo das condições geográficas e ambientais. Um porto que tenha uma classificação mais baixa com base nos critérios utilizados neste estudo (por exemplo, uma pontuação de 25) pode, em alguns casos, ser uma opção mais econômica e prática para expansão em comparação a um porto com uma pontuação mais alta (por exemplo, pontuação de 30) devido a diferentes restrições materiais e logísticas. Além disso, portos com condições geográficas desafiadoras podem exigir maiores investimentos para atender aos padrões necessários.

Além disso, as condições ambientais e climáticas são aspectos cruciais que não foram considerados nesta primeira fase da análise. Fatores como eventos climáticos extremos, elevação do nível do mar e tendências às mudanças climáticas de longo prazo podem influenciar na eficiência operacional e na sustentabilidade das instalações portuárias. Um estudo que analisou o risco climático para os portos brasileiros identificou que 7 dos 21 portos analisados já apresentam risco alto ou muito alto em relação a vendavais, seguido por tempestades e aumento do nível do mar (WayCarbon, GIZ, ANTAQ, 2021). Essas considerações são particularmente importantes ao avaliar estratégias de desenvolvimento portuário de longo prazo, pois impactam diretamente na construção, na manutenção e na viabilidade operacional geral.

Ademais, critérios de navegação mais específicos (como riscos de submersão, correntes reversas, direção predominante do vento e posição do píer) não foram incluídos nesta triagem inicial. Esses fatores, embora essenciais para operações portuárias seguras e eficientes, exigem

avaliações mais localizadas e detalhadas. Estudos futuros podem reunir informações de capitães dos portos, pilotos, ou usar estatísticas de acidentes para incorporar com precisão esses elementos.

Estudos futuros que visem restringir a seleção de portos devem incorporar esses critérios adicionais para fornecer uma avaliação mais abrangente da adequação do porto. Esta análise mais detalhada garantirá que os investimentos sejam direcionados aos portos mais viáveis e sustentáveis, considerando tanto a prontidão técnica imediata quanto a viabilidade operacional de longo prazo.

Além desses critérios adicionais que podem ser levados em conta em pesquisas futuras, os custos financeiros e as necessidades de investimento para expandir e modernizar o setor portuário brasileiro também representam uma limitação crítica. A modernização dos portos exigirá investimentos substanciais tanto em elementos estruturais como dragagens, quanto em componentes não estruturais, como sistemas avançados de gestão e integração de tecnologias de informação. A dragagem, em particular, é essencial para permitir que embarcações maiores acessem os portos brasileiros.

Além da dragagem, o aumento da eficiência portuária exigirá investimentos na integração dos portos com outros modos de transporte, como redes ferroviárias e rodoviárias, bem como a implementação de sistemas avançados de gestão e sistemas de informação geográfica (GIS). Além disso, a aplicação de instrumentação meteorológica e oceanográfica é essencial para melhorar a segurança e a confiabilidade das operações portuárias (Ribeiro *et al.*, 2017). Esses investimentos financeiros e tecnológicos são cruciais para superar as limitações atuais e garantir que os portos brasileiros possam atender às crescentes demandas da indústria marítima global. Como observado neste estudo, a instrumentação meteorológica e oceanográfica foi superada por 88% dos portos analisados.

Finalmente, as limitações financeiras e de infraestrutura são agravadas por obstáculos políticos e regulatórios. Complexidades burocráticas e altos custos associados a requisitos legais frequentemente atrasam a expansão portuária e dificultam a atração de investimentos privados por meio de concessões e arrendamentos. Essas barreiras regulatórias reduzem a competitividade e a atratividade dos portos brasileiros, complicando os esforços de modernização (Ribeiro *et al.*, 2017). Um dos desafios mais críticos para operações portuárias sustentáveis está em sua integração com o ambiente urbano. As complexidades de operar e garantir a sustentabilidade em cidades portuárias abrangem várias dimensões-chave (Valente e

Veloso-Gomes, 2019, Nogué- Algueró, 2020):

- Infraestrutura operacional: muitas cidades portuárias devem modernizar suas instalações para atender à crescente demanda. Portos mais antigos, em particular, enfrentam restrições em termos de espaço e tecnologia ultrapassada.
- Logística: conexões eficientes entre portos e redes de transporte terrestre são essenciais. Gargalos em estradas e ferrovias geralmente levam a atrasos significativos nas operações.
- Segurança: o aumento do tráfego e da complexidade operacional exige padrões de segurança mais elevados para cargas e trabalhadores.
- Impacto ambiental: as operações portuárias contribuem para a poluição do ar e da água. Implementar medidas para reduzir emissões e melhorar as práticas de gerenciamento de resíduos é fundamental.
- Relações com a comunidade: portos localizados em áreas urbanas densamente povoadas geralmente enfrentam resistência da comunidade devido ao ruído, poluição e outras interrupções. Lidar com essas preocupações é um desafio contínuo.
- Mudanças climáticas: o aumento do nível do mar e eventos climáticos extremos exigem que os portos adaptem sua infraestrutura e implementem estratégias para mitigar riscos ambientais.

A análise do desempenho ambiental dos 51 portos brasileiros identificados para expansão revela pontos fortes e fracos que devem ser considerados no processo de modernização. Enquanto alguns indicadores sugerem forte conformidade regulatória e prontidão operacional, outros destacam desafios significativos que podem atrasar o desenvolvimento sustentável do porto. Esta discussão avalia as principais descobertas nas quatro categorias do IDA, enfatizando suas implicações para a expansão do porto.

A categoria econômico-operacional apresenta um cenário misto em relação à viabilidade da expansão portuária. A forte governança ambiental, evidenciada por altas pontuações em licenciamento ambiental (9,70) e auditorias (8,92) indica que muitos portos já atendem aos requisitos regulatórios, facilitando a aprovação de projetos de expansão. Da mesma forma altas pontuações nos indicadores de acompanhamento dos terminais arrendados com nota 10 em plano de gerenciamento de resíduos sólidos e 9,2 em licenciamento dos terminais e plano de emergências sugerem que esses portos estabeleceram protocolos

operacionais que dão suporte ao crescimento sustentável. No entanto, deficiências na gestão de energia, particularmente o baixo desempenho em fornecimento de energia para os navios (1,37) e geração de energia limpa e renovável (4,31), destacam a necessidade de atualizações de infraestrutura para atender aos padrões internacionais de sustentabilidade. Para garantir o crescimento ambientalmente sustentável do porto, os investimentos devem priorizar a adoção de energia renovável, relatórios ambientais aprimorados e maior envolvimento das partes interessadas.

Em entrevistas realizadas entre 2013 e 2014 com gestores de meio ambiente de quatro portos organizados (Salvador, Fortaleza, Rio de Janeiro e Vitória) e com representantes de meio ambiente da ANTAQ, foi encontrado que os maiores desafios encontrados na época eram: burocracia nos processos licitatórios para contratação de prestadores de serviço, demora do órgão ambiental para emissão do licenciamento ambiental, dificuldade em compor o quadro de profissionais na área ambiental com o número mínimo de profissionais qualificados, contratação de empresas credenciadas para realização de auditorias ambientais e interpretação dos atributos propostos para atendimento dos indicadores do IDA (Figueiredo, 2015, Figueiredo *et al.*, 2016). Outro estudo realizado entre 2012 e 2015 demonstrou outras dificuldades como obtenção da Licença de Operação, elaboração do Plano de Emergência Individual – PEI, implantação do Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS e apresentar um número mínimo de profissionais de meio ambiente (Ramalho, 2015). O presente estudo demonstrou que todas estas dificuldades, identificadas nos estudos anteriores, parecem terem sido superadas e estes indicadores apresentaram pontuações elevadas.

No entanto, Ramalho (2015) encontrou que os indicadores com a maior dificuldade de atendimento eram fornecimento de energia para embarcação, tipos de energia utilizadas, certificações voluntárias, levantamento e monitoramento de espécies exóticas, consumo e eficiência no uso da energia, agenda ambiental local, ações de redução e reuso da água, base de dados oceanográficos, meteorológicos e climatológicos, agenda ambiental institucional e poluentes atmosféricos. Transcorridos 10 anos da aplicação do IDA, verifica-se que estas dificuldades permanecem.

Os resultados obtidos para os indicadores da categoria sociocultural demonstram comprometimento geralmente forte com a saúde e a segurança pública o que é benéfico para a expansão do porto. A alta conformidade com ações de promoção da saúde (8,94) e plano de contingência para saúde pública nacional (7,57) sugere que muitos portos estão preparados para gerenciar o bem-estar dos funcionários e situações de emergência durante projetos de

expansão. Reforça-se, no entanto, que este segundo indicador é aplicado exclusivamente nos portos públicos organizados.

Os indicadores que compõem a categoria físico-química desempenham papel crucial no equilíbrio entre a expansão do porto e a sustentabilidade ecológica. O indicador de maior pontuação: situação do material dragado e deposição (8,57), reflete uma abordagem bem estabelecida para o gerenciamento de sedimentos, que é essencial para aprofundar os canais de acesso para embarcações pós-Panamax. Este é mais um indicador aplicado exclusivamente em portos públicos organizados, e de maneira geral, os indicadores aplicados somente para os portos organizados apresentam desempenho satisfatório podendo este resultado estar relacionado ao maior controle pelas autoridades portuárias, maior número de atores envolvidos o que aumenta a pressão por implantação de políticas ambientais e estes portos estão em sua maioria localizados envolvidos por cidades o que reforça a necessidade de boas práticas ambientais. No entanto, fraquezas críticas na redução e reuso da água (4,61) e redução do consumo de energia (5,78) indicam que muitos portos ainda não estão equipados para gerenciar com eficiência os recursos naturais em uma escala maior. Além disso, a conformidade moderada no monitoramento de poluentes atmosféricos (6,45) e sonora (6,18) sugerem que o aumento da atividade portuária pode intensificar a degradação ambiental sem estratégias de mitigação mais fortes. Abordar essas deficiências por meio de sistemas aprimorados de reutilização da água, monitoramento expandido da qualidade do ar e medidas de mitigação de ruído é essencial para garantir que as expansões portuárias se alinhem às metas de sustentabilidade.

A gestão da biodiversidade apresenta outro fator crucial para a expansão do porto. Enquanto o monitoramento da fauna e da flora (6,47) e da fauna sinantrópica (6,75) indicam esforços contínuos para avaliar os impactos ecológicos, a baixa pontuação para o gerenciamento de espécies invasoras (4,61) levanta preocupações. Os portos, como centros de transporte marítimo internacional, são particularmente vulneráveis à introdução de espécies invasoras, seja por meio de descarga de água de lastro, ou viajando aderidas ao casco do navio, representando riscos ecológicos que podem atrasar ou obstruir as aprovações de expansão. O fortalecimento dos programas de monitoramento e mitigação de espécies invasoras é vital para garantir que o crescimento do porto não comprometa os ecossistemas locais.

A análise ressalta a necessidade de uma abordagem equilibrada para a expansão portuária, integrando considerações ambientais e operacionais. Portos com resultados

adequados para os indicadores licenciamento ambiental, planos de prevenção de riscos e de gerenciamento de resíduos sólidos estão bem-posicionados para expansão, enquanto aqueles com deficiências em gerenciamento de energia e monitoramento ecológico exigem melhorias direcionadas. Expandir portos enquanto prioriza medidas de sustentabilidade será fundamental para garantir resiliência ambiental e viabilidade econômica de longo prazo.

Ramalho (2015) já demonstrava que o IDA auxiliava na promoção de melhorias na gestão ambiental do porto e em sua divulgação, estimulando a melhoria das práticas ambientais, além de facilitar a comunicação da alta direção do porto com o setor de meio ambiente. Neste estudo foi demonstrado também, que além do IDA, instrumentos de força como SEP nº 104 de 29/04/2009 que dispõe sobre a criação e estruturação do setor de Gestão Ambiental e de Segurança e Saúde no Trabalho nos portos e terminais marítimos e a Lei nº 6.938 de 31/08/1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e também a Resolução Conama no 237 de 19/12/1997 que dispõe sobre licenciamento ambiental foram considerados relevantes para a implementação do Sistema de Gestão Ambiental.

Apesar de ainda não ter sido plenamente atendido pela maioria dos portos brasileiros, Abrantes e Barrella (2019) observaram que o IDA necessita de complementação pois oculta informações como problemas ergonômicos e jornada de trabalho intensiva, não considera as questões de relação porto x cidade, não existe um indicador sobre conflitos ambientais relativas à relação porto x cidade e há atraso na divulgação dos resultados. No presente estudo este atraso permaneceu com uma defasagem de 2 anos entre o último resultado do IDA publicado e o ano atual.

Calcerano e Hilsdorf (2021) encontraram que as dificuldades na implantação de práticas ambientais estavam relacionadas a necessidade de grandes investimentos e incentivos em infraestrutura e tecnologias, de regulação e coordenação por parte da autoridade portuária e mão de obra especializada. Esta situação se agrava quando o custo de investimento é alto e o retorno financeiro é baixo. As práticas ambientais aplicadas nos portos envolvem vantagens econômicas e ambientais, sendo que a vantagem no desempenho econômico e operacional é o motivador e a vantagem ambiental é uma consequência não sendo este o foco principal do investimento. Além disso, algumas práticas que trazem benefícios ambientais, como a redução da velocidade dos navios ao chegar no porto, são aplicadas por normas de segurança da autoridade portuária e não por iniciativa ambientais dos terminais. A substituição dos modais rodoviários para ferroviários necessitam de investimentos, o que dificulta o atendimento. Este estudo demonstrou que houve uma correlação positiva entre a

movimentação de contêineres e adoção de práticas sustentáveis pois portos maiores tem maior capacidade financeira para investir em práticas sustentáveis. Além disso, foi observado que grandes terminais têm departamentos ambientais mais bem estruturados. A adoção de práticas sustentáveis, sem fins lucrativos, ocorre quando há o crescimento da consciência e da exigência de clientes que obrigam os terminais a se adaptarem e a pressão regulatória nacional e internacional.

Por fim, quanto a modelagem das áreas aptas para implantação de novos portos capazes de receber e operar navios pós-Panamax em sua carga máxima, observa-se dois resultados principais. O primeiro é que o estudo identificou 11 pontos favoráveis para implantação sendo que dois destes encontram-se coincidentes com áreas onde há outros portos implantados. Dentre os portos está o de Tubarão (em Vitória/ES), inaugurado em 1966 visando, já naquela época, receber navios *ore- oil tanker* (Goulart Filho, 2017). Naquela época, este modelo de navio já possuía calado de 13,5 metros. Este porto tem capacidade de operar navios com até 24 metros de calado e teve pontuação igual a 30 segundo a aplicação dos critérios sendo um dos portos indicados a operar navios pós- Panamax. O outro ponto com aptidão para implantação de porto localizou-se em área onde estão localizados os portos de Barra do Riacho, Estaleiro Jurong e Portocel. Estes três portos também fazem parte do grupo de terminais portuários apontados pela aplicação dos critérios como portos indicados a modernização. O estaleiro Jurong foi o que apresentou a maior pontuação entre os três (35 pontos) com capacidade de operar navios com calado até 15,7 metros. Os outros dois terminais apresentaram pontuação igual a 30. Este resultado indica que apesar da necessidade de ser testados outros cenários, a metodologia proposta indica certa coerência com a realidade.

O segundo resultado que se destaca pela aplicação do modelo é que o litoral do sudeste, principalmente o litoral dos estados de São Paulo e Paraná encontram-se altamente repulsivos para implantação de novos portos que atendam navios com calado superior a 15 metros. A aplicação de novos cenários e a busca por outros atributos que reflitam o desenvolvimento econômico, por exemplo, podem resultar em outros cenários favoráveis. Estes dois estados são extremamente importantes para a economia nacional considerando que a hinterlândia do porto de Santos abrange os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e grande oferta de carga atrai o porto (Costa *et al.*, 2022). Além disso, segundo Costa (2013b) o porto de Santos (no estado de São Paulo) e o porto de Paranaguá (no estado do Paraná) seriam ideais para atender a produção das regiões sudeste e sul, considerando vantagem econômica. O porto de Santos e Paranaguá, tiveram um

fraco desempenho na aplicação dos critérios indicando que estes portos estão em vias de tornarem-se obsoletos, corroborando o fato de que a construção de novos portos alternativos se tornará inevitável no futuro. A principal limitação destes portos estão a falta de espaço em terra para expansão e o calado, que dificultam a possibilidade de adaptações. No entanto, a construção de novos portos esbarra na morosidade do licenciamento ambiental.

7 CONCLUSÃO

Este estudo identificou desafios significativos enfrentados pelos portos brasileiros na operação de embarcações pós-Panamax, particularmente em termos de profundidade de calado, necessidade de dragagem e conflitos com áreas urbanas vizinhas. Usando um sistema de avaliação multicritério baseado em profundidade da coluna d'água, capacidade de expansão em terra, necessidades de dragagem, acessibilidade do porto e logística de transporte por terra e água, o estudo avaliou 210 portos brasileiros e encontrou 58 como principais candidatos para expansão e readequações futuras. Também é importante destacar a escassez de infraestruturas de transportes em algumas regiões do Brasil que dificultam a distribuição da carga.

A metodologia utilizada permitiu responder às principais questões que nortearam este estudo e foi possível ordenar os portos quanto ao desempenho operacional e logístico. Foi observado também que este desempenho nem sempre é acompanhado pelo interesse ambiental com o mesmo rigor, ou seja, portos com as melhores notas quanto aos critérios operacionais, não necessariamente terão o mesmo desempenho quanto aos critérios ambientais. Esta situação pode ser explicada pelos interesses e prioridade particulares dos gestores que atuam no porto. A pesquisa também permitiu definir, de forma preliminar, áreas com características favoráveis a implantação de portos para operação de navios pós-Panamax que coincidiram com 4 portos já implantados e selecionados como aptos a modernização.

A contribuição teórica deste estudo está no desenvolvimento de um sistema de avaliação multicritério adaptado ao contexto brasileiro, que oferece uma abordagem baseada em dados para priorizar expansões portuárias. A estrutura fornece uma ferramenta valiosa para tomadores de decisão e pode servir de modelo para avaliar a prontidão portuária em outros países em desenvolvimento, orientando decisões de investimento e políticas para promover a sustentabilidade e a competitividade de longo prazo no comércio marítimo global.

Os resultados revelaram que a maioria dos portos brasileiros está mal preparada para operar embarcações maiores, com mais da metade tendo profundidade de canal insuficiente, necessidades frequentes de dragagem e acessibilidade limitada. Além disso, a disponibilidade em terra para expansão foi considerada limitada em muitos portos e a infraestrutura de transporte precária impede ainda mais o desenvolvimento do porto. Uma análise do quarto quartil destacou portos importantes como Pecém e Ponta da Madeira como líderes em

infraestrutura enquanto portos tradicionais como Rio de Janeiro e Santos enfrentam limitações consideráveis. As conclusões extraídas dessas descobertas enfatizam a necessidade urgente de planejamento estratégico e investimentos direcionados na modernização da infraestrutura portuária do Brasil. Portos com canais de acesso profundos e disponibilidade de terra, particularmente fora de áreas urbanas densamente povoadas, apresentam as melhores oportunidades para crescimento futuro. Por outro lado, portos mais antigos integrados em ambientes urbanos exigem atualizações significativas de infraestrutura, particularmente em termos de dragagem e expansão em terra.

Os problemas encontrados em relação à infraestrutura portuária, permanecem quando analisado o desempenho ambiental dos portos, apesar dos resultados deste estudo destacarem uma tendência de uma década de melhorias progressivas no desempenho ambiental dos portos identificados para expansão no sentido de operar navios pós-Panamax. A forte conformidade regulatória, particularmente em licenciamento ambiental, gestão de resíduos sólidos e prevenção de acidentes ambientais, reflete uma adesão robusta aos padrões legais. Apesar destes pontos fortes, o estudo revela lacunas persistentes em áreas-chave essenciais para a expansão sustentável do porto. Deficiências na gestão de energia, particularmente a baixa adoção de energia renovável e fornecimento de energia para os navios, ressaltam a necessidade urgente de atualizações de infraestrutura. Os esforços de conservação de água e a transparência nos relatórios ambientais também permanecem inadequados, indicando limitações mais amplas no planejamento estratégico e no envolvimento das partes interessadas. Além disso, apenas o desempenho moderado no monitoramento do ar e do ruído sugere riscos ambientais potenciais associados ao aumento das atividades de transporte. A vulnerabilidade dos portos a espécies invasoras, potencializada pelas redes globais de transporte, enfatiza ainda mais a necessidade de um gerenciamento de biodiversidade fortalecido.

Adicionalmente, existem lacunas significativas entre regiões e características portuárias. Os portos no sul e sudeste do Brasil geralmente superam aqueles no norte e nordeste, beneficiando-se de um desenvolvimento econômico mais forte, melhor infraestrutura e maior disponibilidade de recursos. Fatores geográficos também influenciam o desempenho, com portos estuarinos alcançando pontuações mais altas que ao longo de rios ou litorais projetados, provavelmente devido a práticas de gestão ambiental mais bem estabelecidas. Além disso, portos com maior profundidade e capazes de receberem navios com calados mais profundos exibiram desempenho ambiental melhores, possivelmente devido

a maiores níveis de investimento e padrões internacionais de transporte marítimo mais rigorosos.

Estes resultados destacam a necessidade de modernizar a estrutura do IDA para melhor apoiar o desenvolvimento sustentável do porto. Embora tenha desempenhado um papel fundamental na condução de melhorias iniciais, seu foco atual é amplamente reativo, abordando questões ambientais depois que elas ocorrem, em vez de preveni-las. Para aumentar sua eficácia, a estrutura deve incorporar indicadores como avaliação da pegada de carbono, engajamento das partes interessadas, relação porto x cidade e conectividade intermodal, alinhando os portos brasileiros com os padrões internacionais de sustentabilidade.

Ainda, tornar o cálculo da pontuação do IDA publicamente disponível melhoraria a transparência e facilitaria uma avaliação comparativa mais eficaz. Maior colaboração com organizações internacionais, investimentos em infraestrutura avançada e maior transparência nos dados de desempenho ambiental são etapas essenciais para promover a inovação e a responsabilização. Abordar deficiências no planejamento estratégico e na infraestrutura, particularmente em eficiência energética e proteção da biodiversidade, será fundamental para garantir que os portos brasileiros possam receber de forma sustentável os navios pós-Panamax. Ao atualizar o IDA e alinhá-lo com as melhores práticas globais, os portos brasileiros podem aumentar sua competitividade e se estabelecer como líderes em administração ambiental e inovação.

O modelo aplicado com auxílio de modelagem geoespacial e álgebra de mapas indicou que apesar da necessidade de aplicação de cenários e, talvez, a busca por outras variáveis para resultados mais robustos, apresentou resultados satisfatórios refletindo áreas onde se encontram portos com desempenho aceitável segundo a metodologia de aplicação de critérios. Destaca-se o porto de Tubarão que apesar de ter sido construído em 1966 permanece atendendo a demanda atual de crescimento dos navios, principalmente em relação a calado, sem grandes intervenções, demonstrando que o planejamento adequado para a implantação de um porto pode mantê-lo atendendo às demandas da navegação por muitos anos.

Por fim, conclui-se que essa pesquisa permitiu, por meio de uma análise criteriosa e abrangente de todos os portos nacionais, conhecer as infraestruturas portuárias com potencial para ampliação da capacidade operacional para receber embarcações de maior porte, diagnosticar o comprometimento dos principais portos brasileiros no cumprimento dos indicadores de qualidade ambiental, bem como mapear as áreas na costa brasileira com

potencial para instalação de portos para operação de navios da classe pós-Panamax.

Como proposta de continuidade da pesquisa para trabalhos futuros estão propor novos indicadores de desempenho ambiental mais modernos e alinhados com as preocupações ambientais atuais, considerando que há 10 anos o IDA não passa por adaptações e o desenvolvimento de diferentes cenários com adição de outros critérios para aplicação do geoprocessamento.

REFERÊNCIAS

- AAPA - American Association of Port Authorities. (2009). Comparison between Panamax and Post-Panamax container vessels. Available in: <https://www.aapa-ports.org/files/Panamax%20vs%20Post-Panamax%20comparison%20article.pdf>. Accessed 09/05/2024.
- Abrantes. P. & Barrella. W. (2019). Análise do IDA – Índice de Desempenho Ambiental como ferramenta para aprimoramento da Gestão Ambiental portuária no Brasil. *UNISANTA Bioscience* Vol. 8 nº 3 (2019) p. 282-298.
- Agência Brasil. (2024). Mais da metade da população brasileira vive no litoral. Acessado em <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-03/mais-da-metade-da-populacao-brasileira-vivem-no-litoral>. Último acesso em 18/06/2025.
- Agência gov. (2024). Governo Federal inicia ampliação e modernização no Porto do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202405/governo-federal-inaugura-obra-de-ampliacao-e-modernizacao-no-porto-do-rio-de-janeiro>. Último acesso 23/08/2024.
- Akbari, A. A., Babaei Samiromi, F., Arjmandi, R., & Shojaei, M. (2022). Evaluating Ports Environmental Performance based on the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). *International Journal of Occupational Hygiene*. <https://doi.org/10.18502/ijoh.v13i2.8369>.
- Almeida, J. R. (2008). *Gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável Rio de Janeiro: Thex*, 2008.
- ANA. (2024). ANA declara situação de escassez hídrica nos rios Madeira (RO/AM) e Purus (AC/AM). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Acessado em: ANA declara situação de escassez hídrica nos rios Madeira (RO/AM) e Purus (AC/AM) Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Último acesso: 22/04/2025.
- Andrade, R.M.; Lee, S. Lee, P.T.W.; Kwon O.K. e Chung, H.M. (2019). Port Efficiency Incorporating Service Measurement Variables by the BiO-MCDEA: Brazilian Case. *Sustainability*, 11(16), 4340; <https://doi.org/10.3390/su11164340>.
- ANTAQ. (2012). Resolução nº 2.650, de 26 de setembro de 2012. A resolução estabelece os instrumentos de acompanhamento e controle de gestão ambiental em instalações portuárias.
- ANTAQ. (2015). O Índice IDA. Índice de Desempenho Ambiental para Instalações Portuárias. Acessado em: https://www.gov.br/antag/pt-br/assuntos/sustentabilidade/indice-de-desempenho-ambiental-ida-1/O_Indice_IDA_Indice_Desempenho_Ambiental_Instalacoes_Portuarias.pdf. Último acesso 02/05/2025.
- ANTAQ. (2021). Informações geográficas. Disponível em: <https://www.gov.br/antag/pt-br/central-de-conteudos/informacoes-geograficas>. Último acesso 29/04/2024.
- ANTAQ. (2023a). Estatístico aquaviário. Disponível em: <https://web3.antag.gov.br/ea/sense/index.html#pt>. Último acesso 17/05/2024.
- ANTAQ. (2023b). Competências. Disponível em: https://www.gov.br/antag/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/copy_of_competencias. Último acesso 17/05/2024.
- ANTAQ. (2024a). Painel estatístico aquaviário. Acessado em:

- <https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/index.html#pt>. Último acesso: 23/04/2025.
- ANTAQ. (2024b). Resolução ANTAQ nº 123/2024. Institui o Índice de Desempenho Ambiental - IDA como instrumento da ANTAQ para acompanhamento e avaliação da gestão ambiental de portos públicos e instalações portuárias. Acessado em <https://juris.antaq.gov.br/index.php/category/resolucao/r-2024/>. Último acesso: 01/07/2025.
- Banks, J. (1998). Principles of simulation. P. 1-30. In: Banks, J. Handbook of Simulation. John Wiley & Sons, Inc.
- Bastos, B. C. e Bassani, C. (2012). A questão da expansão portuária como solução para o desenvolvimento econômico: o caso das dragagens e os impactos ambientais na baía de Sepetiba. IX SEGeT – Simpósio de excelência em gestão e tecnologia. Acessado em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/9216808.pdf>. Último acesso: 05/08/2012.
- Berberian, C. F. Q.; Vieira, R. R. T.; Dias Filho, N.; Ferraz, C. A. M.; Nóbrega, R. A. A. (2016). O uso de geotecnologias como uma nova ferramenta para o controle externo. Revista do Tribunal de Contas da Uniao. v. 133. p. 40-53. 2016.
- Braga, R. C. M. S., & Veloso-Gomes, F. (2020). Environmental licensing as an instrument for the environmental management of Brazilian public ports. *Sustainability (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/su12062357>.
- BRASIL. (1981). Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF.
- BRASIL. (1986). Conama - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.
- BRASIL. (1993). Lei nº 8.630, de 25 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências. (LEI DOS PORTOS). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18630.htm. Último acesso 13/05/2025.
- BRASIL. (2001). Lei nº 10.233 de 05 de junho de 2001. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, e dá outras providências. Acessado em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110233.htm. Último acesso 13/05/2025.
- BRASIL. (2007). Lei nº 11.610/07: Institui o Programa Nacional de Dragagem Portuária e Hidroviária, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/11610.htm. Último acesso 01/05/2025.
- BRASIL. (2013). Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013. Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários; altera as Leis nº 5.025 de 10 de junho de 1966, 10.233 de 5 de junho de 2001, 10.683 de 28 de maio de 2013, 9.719 de 27 de novembro de 1998 e 8.213 de 24 de julho de 1991; revoga as Leis nº 8630 de 25 de fevereiro de 1993, e 11.610 de 12 de dezembro de 2007 e dispositivos das Leis nºs

- 11.314, de 3 de julho de 2006, e 11.518, de 5 de setembro de 2007; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12815.htm. Último acesso em: 01 de junho de 2023.
- CADE. (2017). Conselho Administrativo de Defesa Econômica. Mercado de serviços portuários. Departamento de Estudos Econômicos – Cade Brasília 2017. Disponível em: <https://cdn.cade.gov.br/Portal/centrais-de-conteudo/publicacoes/estudos-economicos/cadernos-do-cade/mercado-de-servicos-portuarios-2017.pdf>. Acesso em 08 de agosto de 2023.
- Calcerano. T. A., & Hilsdorf. W. C. (2021). Sustainability practices in container terminals in Brazil. *Production*, 31. e20200113. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20200113>.
- Campos. M. M., Fim. M., Sorte, N. Spala. (2023). Infraestrutura dos portos: herança cultural da cidade Porto na cidade [recurso eletrônico]: questões expandidas / Martha Machado Campos. Flavia Nico Vasconcelos (organizadoras). - Dados eletrônicos. - Vitória. ES: Edufes. 2023. 266 p.: il; 21 cm. - (Coleção Pesquisa Ufes; 59).
- Cardoso, V.M., Gilio, L., Jank, M.S., Pioli, L. (2025). Brasil torna-se o maior país exportador de commodities do agora no mundo. *Comércio Internacional*. Insper Agro Global. Acessado em: <https://agro.insper.edu.br/storage/papers/February2025/EUA%20x%20Brasil.pdf>. Último acesso 02/05/2025.
- Carral, L., Tarrío-Saavedra, J., Castro-Santos, L., Lamas-Galdo, I., & Sabonge, R. (2018). Effects of the Expanded Panama Canal on Vessel Size and. In *Promet-Traffic&Transportation* (Vol. 30, Issue 2).
- Carvalho, A. J., Vasconcelos, F.N. e Rosa, T.C.S. (2020). A relação cidade e porto – A cidade de Vila Velha. Seminário Internacional de Investigação em Urbanismo. São Paulo 15 – 17 e Lisboa 25 - 26 de junho de 2020.
- Castiglia, M. C. C. P. (2006). Disposição subaquática de rejeitos de dragagem: o caso do complexo lagunar de Jacarepaguá. Rio de Janeiro, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - COPPE/UFRJ.
- Castro Hilsdorf, W., e Nogueira Neto, M.S. (2016). Port of Santos: Propection on the causes of access difficulties. *Corrosion Engineering Science and Technology*, 23(1), 219–231. <https://doi.org/10.1590/0104-530X1370-14>
- Castro, S. M.; Almeida, J. R. (2012). Dragagem e conflitos ambientais em portos clássicos e modernos: uma revisão *Artigos Soc. nat.* 24 (3). <https://doi.org/10.1590/S1982-45132012000300011>. Acessado em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/rMwQSBNvCfmmm7CkJkVqShf/?lang=pt>. Último acesso: 05/08/2022.
- Cavalcanti, C. (2008). Desenvolvimento e Meio Ambiente: o conflito do Complexo Industrial-Portuário de Suape, Pernambuco. IV Encontro Nacional da Anppas. Brasília, 4, 5 e 6 de junho de 2008. *Anais*.
- Chang, C. C., & Jhang, C. W. (2016). Reducing speed and fuel transfer of the Green Flag Incentive Program in Kaohsiung Port Taiwan. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 46, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.03.007>.
- Clementino J. (2017). São Luís: a changing port city. *Revista de Ciência & Tecnologia* v. 21, n. 41, p. 3-14. ISSN Impresso: 0103-8575 ISSN Eletrônico: ISSN: 2238-1252.
- CONAMA. (2010). Resolução nº 428, de 17 de dezembro de 2010. Diário Oficial da União,

Brasília, DF, 20 dez 2010.

- Cordeiro, F.N., Castro Júnior, O.A., Luna, M.M.M. (2020). The different perspectives of analysis of the port-city relationship: a literature review. *Revista eletrônica de estratégia e negócios*. ISSN 1984-3372. DOI: 10.19177/reen.v13e0I202024-48.
- Costa, I. C. M. (2013a). A fauna sinantrópica nociva nos portos brasileiros. Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Especialista em Engenharia e Gestão Portuária. Florianópolis/SC. Acessado em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/centrais-de-conteudo/isabella-cunha-pdf>. Último acesso 13/05/2025.
- Costa, W. L. S. (2013b). Modelagem e Caracterização das rotas de exportação da soja. Dissertação de mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte/MG.
- Costa, W. L. S. (2023). Modelagem geográfica como recurso para transversalidade do planejamento de transportes. Tese (Doutorado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Universidade Federal de Minas Gerais.
- Costa, W., Soares-Filho, B., & Nobrega, R. (2022). Can the Brazilian National Logistics Plan Induce Port Competitiveness by Reshaping the Port Service Areas? *Sustainability (Switzerland)*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/su142114567>.
- Cuemath. (2024). Quartile Formula. Available in: <https://www.cuemath.com/quartile-formula/>. Accessed in 06/05/2024.
- Cunha, I.A. (2006). Management frontiers: environmental conflicts in port activities. *Porto e Meio Ambiente. Rev. Adm. Pública* 40 (6) Dez/2006. <https://doi.org/10.1590/S0034-76122006000600005>. Acessado em <https://www.scielo.br/j/rap/a/P6ZmfYpMMkRMMCTbm9qdKCs/>. Último acesso 02/05/2025.
- Cutrim, S. (2023). Guia de Melhores Práticas de Sustentabilidade Portuária: A Estratégia ESG. Universidade federal do maranhão. Editora da Universidade Federal do Maranhão.
- DNIT. (2017). Custos médios gerenciais. Acessado em <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/custo-medio-gerencial/ANEXOIXCUSTOMDIOGERENCIALNOVEMBRO2016.pdf>. Último acesso em 25/01/2025.
- Donnelly, A., Jones, M., O'Mahony, T., Byrne, G. (2007). Selecting environmental indicator for use in strategic environmental assessment. *Environ. Impact Assess. Rev.* 27 (2), 161–175.
- ESPO - European Sea Ports Organization. (2011). Port Environmental Review System (PERS). A Port- Sector Specific Methodology to Start Implementing an Environmental Management System, Version 4, Brussels, February 2011.
- ESPO – European Sea Ports Organization. (2012). PPRISM - Port PeRformance Indicators: Selection and Measurement indicators. Project Executive report (PPRISM WP4 D4.2). Grant Agreement No TREN/09/SUB/G2/170.2009/S12.552637. Start date of project: 1st January 2010. Duration: 25 months.
- ESPO - European Sea Ports Organization. (2024). Environmental Report 2024. EcoPortsinSights 2024. Acessado em <https://www.espo.be/media/ESPO%20Environmental%20Report%202024.pdf>. Último acesso: 13/05/2025.

- European Commission. (2009). Regulation (EC) N°. 1221/2009 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 on the Voluntary Participation by Organisations in a Community Eco-Management and Audit Scheme (EMAS), Repealing Regulation (EC) No. 761/2001 and Commission Decisions 2001/681/EC and 2006/193/EC. <eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:342:0001:01:EN:HTML> (accessed 06/05/2024).
- Fazcomex. (2023). Conheça o maior navio cargueiro do mundo. Disponível em: <https://www.fazcomex.com.br/comex/maior-navio-cargueiro-do-mundo/>. Último acesso 01/08/2023.
- FIESC – Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina. (2024). Capacidade dos portos está no limite para receber contêineres. Florianópolis. 08/05/2024. Disponível em: <https://fiesc.com.br/pt-br/imprensa/capacidade-dos-portos-esta-no-limite-para-receber-containers>. Último acesso em: 23/08/2024.
- FIESP. (2013). ISO 26000: diretrizes sobre responsabilidade social. [São Paulo, 2013]. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=85061>. Acesso em: 1/03/2022.
- Figueiredo, E. J. A. (2015). Desafios e oportunidades dos indicadores de desempenho ambiental da agência nacional de transportes aquaviários para portos organizados marítimos. Dissertação apresentada a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente. Águas e Saneamento. Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica. Salvador-Bahia. Brasil.
- Figueiredo, E. J. A., Valois, N. A. L., Marinho, M. M. O. (2016). Challenges and opportunities of environmental performance indicators of brazilian national agency of waterway transportation for maritime organized ports: an analysis from the perception of managers environmental ports. *Revista Eletrônica de Gestao e Tecnologias Ambientais (GESTA)*. v. 4. n. 2. p. 155-168. 2016 – ISSN: 2317-563X.
- G1. (2017). Mais caras para construir, ferrovias poderiam baratear preços de produtos em SC. Acessados em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/mais-caras-para-construir-ferrovias-poderiam-baratear-precos-de-produtos-em-sc.ghtml>. Último acesso: 25/01/2025.
- Gireli T.Z., Vendrame R.F. (2012). Aprofundamento do Porto de Santos Uma análise crítica. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos* Volume 17 n.3 - Jul/Set 2012, 49-59.
- Goulart Filho, A. (2017). The symbiosis between Docenave and the Brazilian Naval Industry. *América Latina História da Economia*. Pp. 171-209. DOI: 1018232/alhe.v24il.763.
- Gouveia T. F. (2020). Impactos dos gargalos de infraestrutura portuária sobre o comércio brasileiro: Uma perspectiva a partir do Porto de Santos. Trabalho de conclusão de Curso PUC/RIO. Acervo pessoal.
- GRI. (2022). Glossário das normas GRI. Amsterdã: GRI, 2022.
- Hayley C. (2022). Explaining the 80-20 Rule with the Pareto Distribution. Berkeley D-Lab. Berkeley University of California. Available in: <https://dlab.berkeley.edu/news/explaining-80-20-rule-pareto-distribution>. Accessed 06/05/2024.
- Isbaex C.; Costa F.d.R.F.; Batista, T. (2025). Application of GIS in the Maritime-Port Sector:

- A Systematic Review. *Sustainability*, 17, 3386. <https://doi.org/10.3390/su17083386>.
- IMO. (2014). Third IMO greenhouse gas study 2014. Acessado em: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>. Último acesso 02/05/2025.
- IMO. (2020). Limite global de enxofre no óleo combustível de navios reduzido a partir de 1º de janeiro de 2020. International Maritime Organization. Acessado em: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/34-IMO-2020-sulphur-limit.aspx>. Último acesso 02/05/2025.
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2014). Hidrovias no Brasil: Perspectiva histórica, custos e institucionalidade. Acessado em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2714/1/TD_1931.pdf. Último acesso 02/05/2025.
- ISO (International Organization for Standardization). (2004). ISO 14001:2004 Environmental Management Systems – Requirements with Guidance for Use.
- Kitzmann, D. e Asmus, M. (2006). Gestão ambiental portuária: desafios e possibilidades. *Porto e Meio Ambiente. Rev. Adm. Pública* 40 (6). Acessado em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/DKtz4RryT43yKsPxD6WFR5s/?lang=pt>. Último acesso: 05/08/2022.
- Koenig, M. L. Esquinazi-Leça, E.; Neumann-Leitão, S.; Macêdo, S. J. (2002). Impactos da construção do Porto de Suape sobre a comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Ipojuca (Pernambuco- Brasil). *Act. bot. brasil.* 16(4):407-420.
- Kontovas, C.A. (2020). Integration of Air Quality and Climate Change Policies in Shipping: The Case of Sulphur Emissions Regulation. *Mar. Policy* 2020, 113, 103815.
- Lindstad, H., Asbjørnslett, B. E., & Strømman, A. H. (2012). The importance of economies of scale for reductions in greenhouse gas emissions from shipping. *Energy Policy*, 46, 386–398. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.077>.
- Machado, A.L.S., Diogo, B.L.M., Santos, J.A.P. (2024). Exotic species introduced in the port of Santos. *Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica*. Acessado em: <https://zenodo.org/records/14046142>. Último acesso 02/05/2025. COBRIC Vol. 1 nº 1 (2024) Ciências Biológicas e Ciências da Saúde 304.
- Magalhães, L. (2021). Como navios gigantes podem reduzir os custos e os impactos ambientais da exportação brasileira. Acessado em: <https://umsoplaneta.globo.com/opiniao/colunas-e-blogs/o-mundo-que-queremos/post/2021/07/como-navios-gigantes-podem-reduzir-os-custos-e-os-impactos-ambientais-da-exportacao-brasileira.ghtml>. Último acesso: 25/08/2022.
- Maluf N. B. (2022). A desestatização dos portos públicos brasileiros e perspectivas para a infraestrutura. *Porto, Mar e Comércio Internacional Por Elas*. Wista Brazil. Flavia Nico Vasconcelos e Luciana Cardoso Guerise (Organizadoras). Editora Milfontes Vitória.
- MapBiomas Project. (2023). Coleção 80 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Available in: https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit&scriptPath=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit%3Amapbiomas-user-toolkit

[lulc.js](#)toolkit-lulc.js. Accessed 17/04/2024.

- Máximo, W. (2023). Brazil jumps two places, becomes world's ninth largest economy in 2023. Agência Brasil. Acessado em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/en/economia/noticia/2023-12/brazil-jumps-two-places-becomes-worlds-ninth-largest-economy-2023#:~:tet=The%20country%20should%20end%20the.%242.476%20trillion%2C%20the%20IMF%20argues.2023#:~:text=The%20country%20should%20end%20the.%242.476%20trillion%2C%20the%20IMF%20argues>. Último acesso em: 23/08/2024.
- Milošević, T., Piličić, S., Široka, M., Úbeda, I. L., Pellicer, A. B., Garcia, R. V., Salvador, C. E. P., Garnier, C., Tserga, E., & Traven, L. (2023). The Port Environmental Index: A Quantitative IoT-Based Tool for Assessing the Environmental Performance of Ports. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/jmse11101969>.
- Ministério de Minas e Energia. (2018). Informe: Terminais de Regaseificação de GNL nos Portos Brasileiros Panorama dos Principais Projetos e Estudos. EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-298/INFORME%20Portos%20GNL%202017-2018.pdf>. Último acesso 23/08/2024.
- Ministério de Portos e Aeroportos. (2025a). Portos brasileiros registram maior movimentação da história com 1.32 bilhão de toneladas em 2024. Acessado em: <https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/noticias/2025/02/portos-brasileiros-registram-maior-movimentacao-da-historia-com-132-bilhao-de-toneladas-em-2024>. Último acesso: 23/04/2025.
- Ministério de Portos e Aeroportos. (2025b). Ministério de Portos e Aeroportos anuncia recordes históricos e R\$ 50 bilhões em investimentos até 2026. Acessado em: <https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/noticias/2025/01/ministerio-de-portos-e-aeroportos-anuncia-recordes-historicos-e-r-50-bilhoes-em-investimentos-ate-2026>. Último acesso: 18/06/2025.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. (2009). Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas o Brasil. Rubens M. Lopes/IO-USP (et. al.) Editor. Brasília: MMA/SBF. 440 p.; il. Color. (Série Biodiversidade, 33).
- Ministério do Meio Ambiente e Mudanças do Clima. (2021). Unidades de conservação costeiras e marinhas. Acessado em <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biomas-e-ecossistemas/ecossistemas-costeiros-e-marinhas/unidades-de-conservacao-costeiras-e-marinhas>. Último acesso: 18/06/2025.
- Muangpan, T., & Suthiwartnarueput, K. (2019). Key performance indicators of sustainable port: Case study of the eastern economic corridor in Thailand. *Cogent Business and Management*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2019.1603275>.
- Nóbrega, R. A. A.; Stich, B. (2012). Towards the Long Term Recovery in Mississippi: Understanding the Impact of Transportation System for Economic Resilience. *Journal of Leadership and Management*. v. 12. p. 21-35. 2012.
- Nóbrega, R.A.A., O'Hara, C.G., Sadasivuni, R. Dumas, J. (2009). Bridging decision-making process and environmental needs in corridor planning. *Management of Environmental Quality*, v.20, p. 622-637.
- Nóbrega, R.A.A., Vieira, R.R.T., Berberian, C.F.Q., Filho, N.D., Masukawa, N. e Quadro,

- E.A.T. (2016). Inteligência geográfica para avaliação de propostas de projeto de concessão de corredores ferroviários. *Transportes* v. 24, n.4, p 75-84.
- Nogué-Algueró, B. (2020). Growth in the docks: ports, metabolic flows and socio-environmental impacts. *Sustain Sci* **15**, 11–30 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00764-y>.
- Notteboom, T.; Pallis, A., Rodrigue, J.P. (2022). *Port Economics, Management and Policy*. New York: Routledge, 690 pages/218 illustrations. ISBN 9780367331559.
- OECD. (2011). *Environmental Impacts of International Shipping: The Role of Ports*, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264097339-en>.
- OECD. (2021). Evaluating Brazil's progress in implementing Environmental Performance Review recommendations and promoting its alignment with OECD core acquis on the environment. Access: <https://www.oecd.org/environment/country-reviews/Brazil-progress-in-implementing-Environmental-Performance-Review-recommendations-and-alignment-with-OECD-environment-acquis.pdf>. Último acesso: 17/10/2023.
- OJC - Observatório de Justiça e Conservação. (2022). O impacto de um porto. Acessado em: <https://justicaeco.com.br/o-impacto-de-um-porto-2/>. Último acesso: 02/08/2022.
- Oliveira G.A.F, Correia R.S. (2019). A necessidade de dragagem no porto de Santos. X Fateclog Logística 4.0 & A Sociedade do Conhecimento. FATEC Guarulhos – Guarulhos/SP - Brasil 31 de maio e 01 de junho de 2019. ISSN 2357-9684. Available in <https://fateclog.com.br/anais/2019/A%20NECESSIDADE%20DA%20DRAGAGEM%20NO%20PORTO%20DE%20SANTOS.pdf>. Accessed 09/05/2024.
- Oliveira, D. (2023). Ampliações devem manter projetos de obras portuárias nos próximos anos, principalmente para movimentação de graneis. *Revista Portos e Navios*. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/ampliacoes-devem-manter-projetos-de-obras-portuarias-nos-proximos-anos-principalmente-para-movimentacao-de-graneis>. Último acesso 23/04/2024.
- Ornelas, R.S. (2008). *Relação Porto/Cidade: o caso de Santos*. Dissertação apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em geografia.
- Ortúzar, J. D. e Willunsen, L.G. (2001). *Modelling transport*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Paiva, D. M. E., Freitas M. A. V., Barbosa. M. C., Pizzolato. N. D. (2019). Assessing the environmental management and operational efficiency of Brazilian public ports that export soybeans. *Journal of public administration*. Rio de Janeiro 53(2):492-504. Mar. - Apr. 2019.
- Panagakos, G., Pessôa, T. de S., Dessypris, N., Barfod, M. B., & Psaraftis, H. N. (2019). Monitoring the carbon footprint of dry bulk shipping in the EU: An early assessment of the MRV regulation. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(18). <https://doi.org/10.3390/su11185133>.
- Park, N. K., & Suh, S. C. (2019). Tendency toward mega containerships and the constraints of container terminals. *Journal of Marine Science and Engineering*, *7*(5). <https://doi.org/10.3390/jmse7050131>.
- Pedreira Júnior, J. e Nascimento, A. (2015). Avaliação do desempenho logístico do futuro dos transportes de cargas na Ferrovia de Integração Oeste Leste via simulação de eventos discretos. XVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Porto de Galinha/PE.

- Peduzzi, P. (2021). Embrapa: Brasil será maior exportador de grãos do mundo em cinco anos. Agência Brasil. Acessado em <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-03/embrapa-brasil-sera-maior-exportador-de-graos-do-mundo-em-cinco-anos>. Último acesso 02/05/2025.
- PND I – Programa Nacional de Dragagem I. (2007). Previsão dos percentuais de execução das obras do PND1/PAC1. Acessado em <https://www.gov.br/transportes/pt-br/centrais-de-conteudo/programa-nacional-de-dragagem-pnd1-pac-1-pdf>. Último acesso 13/05/2025.
- Port of Rotterdam Authority. (2020). Port Environmental Review System (PERS). PERS was developed by the European Sea Ports Organisation and the Ecoports Foundation. Disponível em: https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-05/port-environmental-review-system-pers-april-2020_0.pdf. Último acesso em: 10/07/2024.
- Porto, M. M.; Teixeira, S. G. (2002). Portos e meio ambiente. São Paulo: Aduaneiras. Acervo pessoal.
- Projeto Ilhas do Rio. (2025). Pesquisa revela que a maioria dos botos-cinza da Baía de Sepetiba está com a saúde debilitada. Acessado em <https://ilhasdorio.org.br/pesquisa-revela-que-a-maioria-dos-botos-cinza-da-baia-de-sepetiba-esta-com-a-saude-debilitada/>. Último acesso 02/05/2025.
- Puig, M. D. (2016). Methodology for the selection and implementation of environmental aspects and performance indicators in ports. Doctorat en Enginyeria de Processos Químics (Pla 2007). <http://hdl.handle.net/10803/404378>.
- Puig, M., Azarkamand, S., Wooldridge, C., Selén, V., & Darbra, R. M. (2022). Insights on the environmental management system of the European port sector. *Science of the Total Environment*, 806. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150550>.
- Puig, M., Wooldridge, C., & Darbra, R. M. (2014). Identification and selection of Environmental Performance Indicators for sustainable port development. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1), 124-130. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.006>.
- Ramalho, A. M. B. (2015). Avaliação do índice de desempenho ambiental – IDA desenvolvido pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ aplicado à gestão ambiental de portos organizados no Brasil. Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós graduação Lato Sensu em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. Brasília/DF. Brasil.
- Ramos, C. (2009). Utilização de técnicas de geoprocessamento para otimização de traçados em empreendimentos lineares. Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil. Acessado em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/24087/000741739.pdf>. Último acesso: 22/04/2025.
- Ravn, V. (2021). The port environmental performance index. Development of a Framework for Strategic Assessment of port environmental performance. University of South-Eastern Norway. Faculty of Technology, Natural Sciences and Maritime Sciences. Master Thesis.
- Ribeiro, P. C. C., Fraga, N. C., Clarkson, C. T. (2017). Gestão de portos brasileiros e do BRICS: uma análise comparativa sobre seus problemas logísticos e a resolução por meio da tecnologia de informação. *Artigos Exacta – EP*, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 335-351, 2017. *Artigos335Exacta – EP*, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 335-351, 2017. DOI:

- 10.5585/ExactaEP.v15n2.6833. Acessado em <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/6833/3506>. Último acesso 13/05/2025.
- Robles, L. T. e La Fuente, J. M. (2019). Logística reversa: um caminho para a sustentabilidade. Curitiba: Intersaberes.
- Rocha, C. H., Silva, G. L., Abreu, L. M. (2018). Analysis of the evolution of Brazilian ports' environmental performances. *Journal of Integrated Coastal Zone Management / Revista de Gestão Costeira Integrada* 18(2):103-109 (2018). http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-n149_Rocha.pdf | DOI:10.5894/rgci-n149.
- Rocha, J.M. (2019). A conflagração do espaço: A tensa relação porto-cidade no planejamento urbano. *Estudos Avançados* 33, 91–112. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2019.3395.0007>.
- Rodrigues, S. C. (2022). Análise do desempenho ambiental na gestão ambiental portuária: estudo de caso dos portos de Santos e São Sebastião. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.
- Roos, E. C. & Klimann Neto, F. J. (2017). Tools for evaluating environmental performance at Brazilian public ports: Analysis and proposal. *Marine Pollution Bulletin* 115 (2017) 211–216.
- Rosa, R. (2013). Introdução ao geoprocessamento. Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Geografia. Laboratório de Geoprocessamento. Acessado em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/33/2016/12/Introducao-ao-Geoprocessamento-Roberto-Rosa.pdf>. Último acesso: 22/04/2025.
- Sá, M. E. M. (2008). Análise comparativa entre os Portos do Recife e de SUAPE: Desafios para a Gestão Ambiental. Recife, Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) - UFP.
- Santos Port Authority. (2022). Diagnóstico de espécies exóticas do Porto de Santos. Acessado em: <https://www.portodesantos.com.br/wp-content/uploads/Diagnostico-de-Especies-Exoticas-do-Porto-de-Santos.pdf>. Último acesso 02/05/2025.
- Sartório, A. (2016). Subsídios para o aprimoramento do desempenho ambiental no porto do Rio Grande rumo à sustentabilidade portuária. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Acessado em: <https://gerenciamentocosteiro.furg.br/images/dissertacoes/051-Aline-Sartorio.pdf>. Último acesso: 01/09/2022.
- Shaw, S. L. e Rodrigue, J. P. (2024). A.2 – Sistemas de informação geográfica para transportes (GIS- T). *The geography of transport system*. Sexta edição. Jean-Paul Rodrigue (2024), Nova York: Routledge, 402 páginas. ISBN 9781032380407. DOI: [10.4324/9781003343196](https://doi.org/10.4324/9781003343196). Acessado em: https://transportgeography.org.translate.googleusercontent.com/translate/g/contents/methods/geographic-information-systems-transportation/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=pt&x_tr hl=pt&x_tr_pto=tc. Último acesso 13/05/2025.
- Shen, H.C., Tzu, F. M.; Lin, C., Yeh, C.K., Huang, W.Y., Pu, H.P., Chang, S.H. (2022). Verification of Fuel Consumption and Carbon Dioxide Emissions under Sulfur Restriction Policy during Oceanographic Navigation. *Appl. Sci.* 2022, 12, 9857. <https://doi.org/10.3390/app12199857>.
- Silva E.R. e Silva S. R. (2021). Análise do plano nacional de dragagem e sua relevância para a economia brasileira. XII Fateclog - Gestão da cadeia de suprimentos no agronegócio:

- desafios e oportunidades no contexto atual. FATEC Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes/SP - Brasil 18 e 19 de junho de 2021. ISSN 2357-9684.
- Silva, O. R.; Meireles, M e Sanches C. (2005). Gestão Ambiental Portuária: O Problema da Poluição Atmosféricas no Porto de Santos. Acessado em: http://www.anpad.org.br/diversos/down_zips/9/enanpad2005-aps-2522.pdf. Último acesso em: 05/08/2022.
- Silva, T.H.T., Delman, E.P., Matta, P.S., Pereira, R.C., Almeida, J.A. (2022). Fauna sinantrópica nociva no Porto de Paranaguá: roedores. *Environmental Scientiae*, v.4, n.1, p. 14-27. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2674-6492.2022.001.0002>.
- Siqueira, A. S. (2022). Gestão Ambiental nas cidades-porto: caso de Santos. *Geografia da América Latina em transformação política e social* Processos da interação sociedade-natureza. Acessado em: <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Impactoambiental/03.pdf>. Último acesso: 23/08/2022.
- Široka, M., Piličić, S., Milošević, T., Lacalle, I., Traven, L. (2021). A novel approach for assessing the ports' environmental impacts in real time – The IoT based port environmental index. *Ecol Indic* 120. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106949>.
- Soares-Filho B S, Rajão R, Merry F, Rodrigues H, Davis J, Lima L, Macedo M, Coe M, Carneiro A, Santiago L. (2016). Brazil's Market for trading forest certificates. *Plos One* 11(4):e0152311. Acessado em: <https://maps.csr.ufmg.br/>. Último acesso 09/05/2024.
- Sons, W. (2019). Principais desafios da logística portuária brasileira: Limitações logísticas e seus impactos na economia, 2019. Disponível em: <https://pt.wilsonsons.com.br/logisticaportuaria/>. Acesso em: 30 de julho de 2023.
- Souza A. C. B, Santos S. B, Silva M.F.D.P, Moreira N.R. (2021a). A importância do processo de dragagem - impactos ambientais no Porto de Santos. XII Fateclog. Gestão da Cadeia de Suprimentos no Agronegócio: Desafios e oportunidades no contexto atual. Fatec Mogi das Cruzes. Mogi das Cruzes/SP – Brasil. 18 e 19 de junho de 2021. ISSN 2357-9684.
- Souza, F. L. U., Pitombo, C. S., & Yang, D. (2021b). Port choice in Brazil: a qualitative research related to in-depth interviews. *Journal of Shipping and Trade*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s41072-021-00094-2>.
- Teerawattana, R., & Yang, Y. C. (2019). Environmental Performance Indicators for Green Port Policy Evaluation: Case Study of Laem Chabang Port. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 35(1), 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2019.03.009>.
- Tichavska, M., & Tovar, B. (2015). Port-city exhaust emission model: An application to cruise and ferry operations in Las Palmas Port. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 78, 347–360. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.021>.
- Torres, R. J. (2000). Uma Análise Preliminar dos Processos de Dragagem do Porto do Rio Grande, RS. Rio Grande, RS, Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande.
- UFPR – Universidade Federal do Paraná. (2021). Entre mangues e navios. Destruição e impactos ambientais causados pelo porto de Paranaguá. *Jornal Comunicação*. Acessado em: <https://jornalcomunicacao.ufpr.br/entre-mangues-e-navios-a-destruicao-e-os-impactos-ambientais-causados-pelo-porto-de-paranagua/>. Último acesso 02/05/2025.
- United Nations Conference on Trade and Development. (2023). Port Management. Port Performance Indicator. Volume 11. ISBN (PDF): 9789213585047. DOI:

<https://doi.org/10.18356/9789213585047>. Disponível em: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789213585047>. Último acesso: 09/07/2024.

- Valente, S. Veloso-Gomes, F. (2019). Coastal climate adaptation in port-cities: adaptation deficits, barriers, and challenges ahead. Volume 63, 2020. Issue 3. <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1557609>
- Vasconcelos F. N. (2022). Competitividade para os portos como progresso para as cidades. Porto, mar e comércio internacional por elas. Flavia Nico Vasconcelos, Luciana Cardoso Guerise, (organizadoras). -- Vitória: Editora Milfontes, 2022. 354 p.: 23 cm.
- WayCarbon. GIZ. ANTAQ. (2021). Impactos e riscos da mudança do clima nos portos públicos costeiros brasileiros. Acessado em: https://www.gov.br/ANTAQ/pt-13-br/noticias/2021/copy_of_SumrioANTAQGIZMudancaClimatica.pdf. Último acesso: 25/03/2025.
- Winston, W.L. (1993). Operations research: applications and algorithms. 3 ed. California: Duxbury Press.
- Zupanovic, D., Grbic, L., & Baric, M. (2019). The impact of the new Panama canal on cost-savings in the shipping industry. *TransNav*, 13(3), 537–541. <https://doi.org/10.12716/1001.13.03.07>.