



Universidade de Brasília (UnB)
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas
(FACE)
Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais (CCA)
Bacharelado em Ciências Contábeis

VINÍCIUS MÁRIO PACHECO BRAGA MOREIRA

EFICIÊNCIA OPERACIONAL DOS PORTOS FEDERAIS BRASILEIROS: UMA
ANÁLISE DE 2019 A 2023 PELO MÉTODO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Brasília, DF
2024

VINÍCIUS MÁRIO PACHECO BRAGA MOREIRA

EFICIÊNCIA OPERACIONAL DOS PORTOS FEDERAIS BRASILEIROS: UMA
ANÁLISE DE 2019 A 2023 PELO MÉTODO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia ou Artigo) apresentado ao Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de Brasília como requisito parcial de obtenção do grau de Bacharel em Ciências Contábeis.

Prof. Dr. Responsável:
Marcelo Driemeyer Wilbert

Linha de pesquisa:
Contabilidade para Tomada de Decisão

Área:
Finanças e Orçamento Públicos

Brasília, DF
2024

MM838e

MOREIRA, VINÍCIUS MÁRIO PACHECO BRAGA
EFICIÊNCIA OPERACIONAL DOS PORTOS FEDERAIS BRASILEIROS:
UMA ANÁLISE DE 2019 A 2023 PELO MÉTODO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA
DE DADOS / VINÍCIUS MÁRIO PACHECO BRAGA MOREIRA; orientador
Marcelo Driemeyer Wilbert. -- Brasília, 2024.
38 p.

Monografia (Graduação - Ciências Contábeis) --
Universidade de Brasília, 2024.

1. Eficiência Operacional. 2. Análise Envoltória de
Dados. 3. Portos Federais Brasileiros. I. Wilbert, Marcelo
Driemeyer, orient. II. Título.

Professora Doutora Márcia Abrahão Moura
Reitora da Universidade de Brasília

Professor Doutor Enrique Huelva Unternbäumen
Vice-Reitor da Universidade de Brasília

Professor Doutor Diêgo Madureira de Oliveira
Decano de Ensino de Graduação

Professor Doutor José Márcio Carvalho
Diretor da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas
Públicas

Professor Doutor Sérgio Ricardo Miranda Nazaré
Chefe do Departamento de Ciências Contábeis e Atuarias

Professor Doutor Alex Laquis Resende
Coordenador de Graduação do curso de Ciências Contábeis - Diurno

Professor Doutor Wagner Rodrigues dos Santos
Coordenador de Graduação do curso de Ciências Contábeis - Noturno

VINÍCIUS MÁRIO PACHECO BRAGA MOREIRA

EFICIÊNCIA OPERACIONAL DOS PORTOS FEDERAIS BRASILEIROS: UMA
ANÁLISE DE 2019 A 2023 PELO MÉTODO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia ou Artigo) apresentado ao Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de Brasília como requisito parcial de obtenção do grau de Bacharel em Ciências Contábeis.

Prof. Dr. Marcelo Driemeyer Wilbert
Orientador
Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais
Universidade Brasília (UnB)

Prof. Lucas Oliveira Gomes Ferreira
Examinador
Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais
Universidade de Brasília (UnB) ou outra instituição

BRASÍLIA
2024

RESUMO

O sistema portuário é crucial para o bom desenvolvimento nacional, pois este é de grande relevância nas importações e exportações, chegando a ultrapassar 80% do transporte de mercadorias. Nesse contexto, a avaliação da eficiência torna-se fundamental para o monitoramento e aprimoramento das atividades do setor. O presente estudo tem como objetivo avaliar a eficiência operacional dos portos federais brasileiros durante o período de 2019 a 2023. Atualmente, há quinze portos estatais federais administrados por Companhias Docas. Para a análise da eficiência, utilizou-se como ferramenta o método da Análise Envoltória de Dados, pelo modelo BCC, o qual se baseia em retornos variáveis de escala. Como complemento, aplicou-se a estatística descritiva, considerando média, mediana, mínimo, máximo, amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação. Foram utilizadas cinco variáveis, sendo três *inputs* (extensão do cais, berços e profundidade) e dois *outputs* (carga bruta movimentada e tempo médio atracado). De acordo com as informações complementares apresentadas na estatística descritiva, verifica-se que os portos possuem grande variabilidade tanto na infraestrutura portuária quanto em seus resultados operacionais. Além disso, ressalta-se que o Porto de Santos possui a maior infraestrutura portuária e sozinho movimenta aproximadamente metade da carga total dos portos federais. Com base nos resultados obtidos, observa-se que dos quinze portos avaliados no estudo, sete tiveram eficiência máxima (índice igual a 1,00), sendo eles: Porto de Angra dos Reis, Porto de Belém, Porto de Ilhéus, Porto de Itaguaí, Porto de Niterói, Porto de Santos e Terminal Salineiro de Areia Branca. Ademais três apresentaram baixa eficiência (índice de eficiência menor que 0,30), sendo eles: Porto de Fortaleza, Porto de Maceió e Porto de Natal. Finalmente, recomenda-se análises futuras abrangendo variáveis adicionais e um horizonte temporal mais extenso.

Palavras-chaves: Eficiência operacional. Portos federais brasileiros. Análise envoltória de dados. Infraestrutura portuária. Estatística Descritiva.

ABSTRACT

The port system is crucial for good national development, as it is of great importance in imports and exports, accounting for up to 80% of the transportation of goods. In this context, evaluating efficiency is essential for monitoring and improving the sector's activities. The aim of this study is to evaluate the operational efficiency of Brazilian federal ports between 2019 and 2023. Fifteen federal state-owned ports are currently managed by dock companies. To analyze efficiency, the Data Envelopment Analysis method was used, using the BCC model, which is based on variable returns to scale. As a complement, descriptive statistics were applied, considering mean, median, minimum, maximum, amplitude, standard deviation and coefficient of variation. Five variables were used, three of which were inputs (quay length, berths and depth) and two outputs (gross cargo handled and average mooring time). According to the additional information presented in the descriptive statistics, it can be seen that the ports have great variability in both their port infrastructure and their operational results. It should also be noted that the Port of Santos has the largest port infrastructure and alone handles approximately half of the total cargo of federal ports. Based on the results obtained, it can be seen that of the fifteen ports evaluated in the study, seven had maximum efficiency (index equal to 1.00): Port of Angra dos Reis, Port of Belém, Port of Ilhéus, Port of Itaguaí, Port of Niterói, Port of Santos and Areia Branca Salt Terminal. In addition, three had low efficiency (efficiency index of less than 0.30): Port of Fortaleza, Port of Maceió and Port of Natal. Finally, future analyses are recommended, covering additional variables and a longer time horizon.

Keywords: Operational efficiency. Brazilian federal ports. Data envelopment analysis. Port infrastructure. Descriptive statistics.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Portos Federais

Tabela 2 – Revisão de estudos aplicados – Método e variáveis utilizadas

Tabela 3 – Variáveis utilizadas

Tabela 4 – Estatísticas utilizadas para avaliação

Tabela 5 – Variáveis para análise de eficiência

Tabela 6 – Infraestrutura Portuária: Extensão, Número de Berços e Profundidade

Tabela 7 – Estatística descritiva da infraestrutura portuária

Tabela 8 – Carga Bruta Movimentada

Tabela 9 – Estatística descritiva da carga bruta movimentada

Tabela 10 – Inverso do tempo médio atracado

Tabela 11 – Estatística descritiva do Inverso do tempo médio atracado

Tabela 12 – Resultado dos cálculos de eficiência

Tabela 13 – Comparação dos portos eficientes

Tabela 14 – Comparação dos portos com eficiência baixa

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Organograma da gestão administrativa dos Portos

Figura 2 – Evolução da Movimentação de Carga Bruta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 Portos Brasileiros.....	11
2.2 Eficiência.....	14
2.3 Análise Envoltória de Dados.....	15
2.4 Revisão de Estudos Aplicados.....	17
3 METODOLOGIA.....	20
3.1 Dados.....	20
3.2 Método.....	20
4 RESULTADOS.....	22
4.1 Estatística Descritiva.....	22
4.1.1 Infraestrutura Portuária: Extensão, Número de Berços e Profundidade.....	22
4.1.2 Carga bruta movimentada.....	24
4.1.3 Tempo Médio Atracado.....	26
4.2 Análise de Eficiência.....	28
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS.....	32
APÊNDICE.....	35

1 INTRODUÇÃO

Os portos representam um ponto fundamental na cadeia logística e no comércio global de produtos e matérias-primas. A globalização dos mercados destacou a grande relevância deles para o desenvolvimento econômico nacional. Os portos são vitais na entrada e saída de mercadorias, como também nos elementos estratégicos que impactam a eficiência e a competitividade econômica do país (Collyer, 2008).

Conforme exposto por Santos et al. (2022), entre outros fatores, devido à economicidade do transporte aquaviário, e à localização do Brasil e dos países com os quais se mantém grande relação comercial, é possível observar a importância dessa modalidade de transporte para as exportações e importações brasileiras.

O transporte marítimo desempenha um papel crucial na cadeia logística do Brasil, fato que pôde ser observado em 2022, em que o transporte marítimo foi responsável por 83% de todas as transações internacionais de acordo com a Confederação Nacional do Transporte (2022).

O Sistema Portuário Nacional brasileiro inclui 36 portos públicos, administrados pela União ou delegados a estados, municípios ou consórcios públicos, além de 39 portos fluviais e terminais de uso privativo (TUP). No total, existem aproximadamente 380 terminais portuários, sendo 210 TUP em portos privados e 170 terminais arrendados em portos públicos. Portos organizados são definidos como bens públicos construídos para necessidades de navegação e movimentação de mercadorias, com operações sob jurisdição da autoridade portuária. Os TUP são de responsabilidade privada, autorizados pela ANTAQ e fora da área dos portos organizados. Atualmente há 15 portos federais, os quais são administrados pela União por meio das Companhias Docas.

Dada a importância mencionada dos portos para a economia nacional, este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência operacional dos portos federais brasileiros do período de 2019 a 2023. Para isso foi considerado o conceito de eficiência técnica pela ótica do produto que, segundo Boueri et al. (2015), se caracteriza como a diferença entre o total efetivamente produzido com determinada quantia de insumos e o total possível de se produzir, tendo em vista a tecnologia à disposição.

Para alcançar o objetivo de avaliar a eficiência dos portos federais brasileiros, foram analisadas determinadas variáveis, como o volume de carga movimentada, o tempo de atracação, a utilização da infraestrutura e os custos operacionais. O método de análise utilizado foi a estatística descritiva e a Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA), uma técnica não-paramétrica utilizada para medir a eficiência relativa de unidades operacionais similares que será mais aprofundada durante a pesquisa.

A análise da eficiência operacional dos portos federais brasileiros se justifica pela grande importância devido ao papel que esses desempenham na economia nacional. Portos eficientes contribuem para a redução de custos logísticos, a melhoria da competitividade dos produtos exportados e o fortalecimento da balança comercial do país. Além disso, identificar áreas de ineficiência permite aos gestores portuários implementar medidas corretivas, otimizar recursos e aprimorar a qualidade dos serviços oferecidos.

Este trabalho está organizado em cinco seções numeradas de um a cinco. A seção um é a presente introdução; a seção dois é a Revisão de Literatura, a qual apresenta informações sobre os portos brasileiros, eficiência, Análise Envoltória de Dados e estudos relacionados à pesquisa. Na seção três está a metodologia utilizada, em que serão explicados os métodos e dados utilizados. A seção quatro é a Análise dos Resultados, em que são apresentados os resultados obtidos após aplicação dos métodos descritos nas seções dois e três. Por fim, a seção cinco, em que são apresentadas as Considerações Finais, contendo os principais resultados, as limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Portos Brasileiros

Como já dito anteriormente os portos são essenciais na cadeia logística e no comércio global, sendo fundamentais para o desenvolvimento econômico nacional. Eles são vitais para a entrada e saída de mercadorias e impactam a eficiência e a competitividade econômica do país. A economicidade do transporte aquaviário e a localização do Brasil em relação aos seus principais parceiros comerciais reforçam a importância dos portos para as exportações e importações brasileiras.

Jucá (2021) destaca que no ano de 1934, durante a Era Vargas, foi elaborada a primeira regulação da atividade portuária do Brasil, sendo consolidada, então, a legislação portuária. Ainda de acordo com esse autor, nesse período, além da promulgação da Carga Maior, o Governo publicou quatro decretos para regular a matéria atinente aos portos, bem como estabelecer normas de exploração (Jucá, 2021).

Conforme expõe Paulo Jucá (2021), a partir do Texto Constitucional de 1934, os temas que abordavam os portos brasileiros continuaram a ser tratados em dispositivos legais que vieram a surgir nos anos seguintes, porém, sem alterações relevantes das exposições iniciais. Não obstante, com o advento da Carta Magna de 1988, foi atribuída ao Estado brasileiro a função de regulação, representada por atividades, principalmente, sistêmicas, estratégicas, técnicas e de orientação, refletindo, dessa forma, também sobre as ações portuárias (Jucá, 2021).

Nesse sentido, dentre os diversos programas governamentais, emergiu-se a possibilidade de transferir à iniciativa privada atividades antes desempenhadas pelo setor público, como a criação de entidades autônomas, relacionadas à Administração Direta, com estrutura técnica organizada para o desempenho de determinadas atividades, que são as agências reguladoras (Jucá, 2021). Desse modo, cabe salientar, ainda de acordo com o autor, que o sistema portuário foi o primeiro a experimentar tais mudanças legislativas, tendo em vista as precárias instalações dos portos da época.

Posteriormente, no ano de 1993, a fim de expandir a atuação da economia portuária para além da exploração governamental, a Lei nº 8.630 (1993) adveio para abrir o setor à iniciativa privada (Jucá, 2021). Com isso, com intuito de neutralizar as regulações portuárias e afastar influências políticas, editou-se a Lei nº 10.233 (2001), que criou a Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ, autarquia federal com objetivo de, entre outros, promover estabilidade ao setor, elaborar e editar normas, incentivar o desenvolvimento dos portos.

Cabe destacar que antes das ações para descentralizar os portos estatais, o Governo contava com a atuação da empresa pública denominada “Empresa de Portos do Brasil – Portobrás”, vinculada à época ao Ministério dos Transportes, criada pela Lei nº 6.222 (1975) com fim de subsidiar a Administração Pública na crescente atuação na atividade portuária, de acordo com Jucá (2021). Conforme Tovar e Ferreira (2006), a Portobrás administrava diretamente os portos que compunham o sistema portuário nacional, formado por Companhias Docas, por concessionários privados e estaduais. Ocorre que a Portobrás foi extinta em março de 1990, sendo necessária a distribuição das competências e incumbências dessa empresa por descentralizações, delegações e outros (Tovar & Ferreira, 2006).

À vista do exposto, surgiu a necessidade da edição de uma lei que regulasse e organizasse o sistema portuário, levando-se em consideração a falta de delimitações quanto à atuação de terminais privados, tipos de cargas a serem movimentadas (próprias e de terceiros) em terminais portuários de uso misto, competição entre os atores dos setores portuários e outros. Desse modo, adveio a Lei de Modernização dos Portos, Lei nº 12.815 (2013), a qual revogou na totalidade a Lei nº 8.630 (1993) (Jucá, 2021). De acordo com o preâmbulo da referida legislação em vigor, Lei nº 12.815 (2013), seu objetivo era de dispor sobre “exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas

pelos operadores portuários”, bem como define as diretrizes para a exploração direta e indireta dos portos e das instalações portuárias, incentivando a descentralização e a modernização da gestão portuária.

A organização dos portos brasileiros abrange diferentes níveis de gestão e responsabilidade. A administração dos portos é conduzida por companhias docas, autarquias ou, em alguns casos, por empresas privadas que operam sob regime de concessão. Nos casos em que há transferência da operação das áreas portuárias ao setor privado, pode-se elencar três modalidades (Tovar & Ferreira, 2006): concessão da administração portuária; qualificação e atuação de operadores portuários privados; e arrendamento de áreas e instalações portuárias. Ainda de acordo com os autores, a reforma do setor de portos definiu e classificou dois tipos, sendo porto organizado (sob poder de autoridade portuária); e instalação portuária de uso privativo (exploração por pessoa jurídica de direito público ou privado).

Ressalta-se que, conforme o art. 1º da Lei nº 12.815 (2013), a exploração dos portos e instalações portuárias e as atividades exercidas pelos operadores portuários é dada pela União, que a faz direta ou indiretamente. Conforme o referido normativo, Lei 12.815/2013, art. 1º,

§ 1º A exploração indireta do porto organizado e das instalações portuárias nele localizadas ocorrerá mediante concessão e arrendamento de bem público.

§ 2º A exploração indireta das instalações portuárias localizadas fora da área do porto organizado ocorrerá mediante autorização, nos termos desta Lei.

§ 3º As concessões, os arrendamentos e as autorizações de que trata esta Lei serão outorgados a pessoa jurídica que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco.

Ainda nesse sentido, o art. 21, inciso XII, *alínea* “F”, da Constituição Federal de 1988 estabelece que é de competência da União a exploração, direta ou por meio de autorização, concessão ou permissão, dos portos marítimos, fluviais e lacustres. Destaca-se, por oportuno, que a União pode explorar os portos diretamente, por intermédio de estatal autorizada por ela, bem como delegar a exploração a outros entes da federação e, até mesmo, explorá-los de forma indireta, por concessão ou arrendamento do ativo público (Jucá, 2021).

Sendo assim, o art. 2º da Lei nº 12.815 (2013) conceitua em seus incisos alguns conceitos relevantes para o presente estudo, transcritos a seguir:

I - porto organizado: bem público construído e aparelhado para atender a necessidades 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;

....

III - instalação portuária: instalação localizada dentro ou fora da área do porto organizado e utilizada em movimentação de passageiros, em movimentação ou armazenagem de mercadorias, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário;

IV - terminal de uso privado: instalação portuária explorada mediante autorização e localizada fora da área do porto organizado;

....

IX - concessão: cessão onerosa do porto organizado, com vistas à administração e à exploração de sua infraestrutura por prazo determinado;

X - delegação: transferência, mediante convênio, da administração e da exploração do porto organizado para Municípios ou Estados, ou a consórcio público, nos termos da Lei nº 9.277, de 10 de maio de 1996;

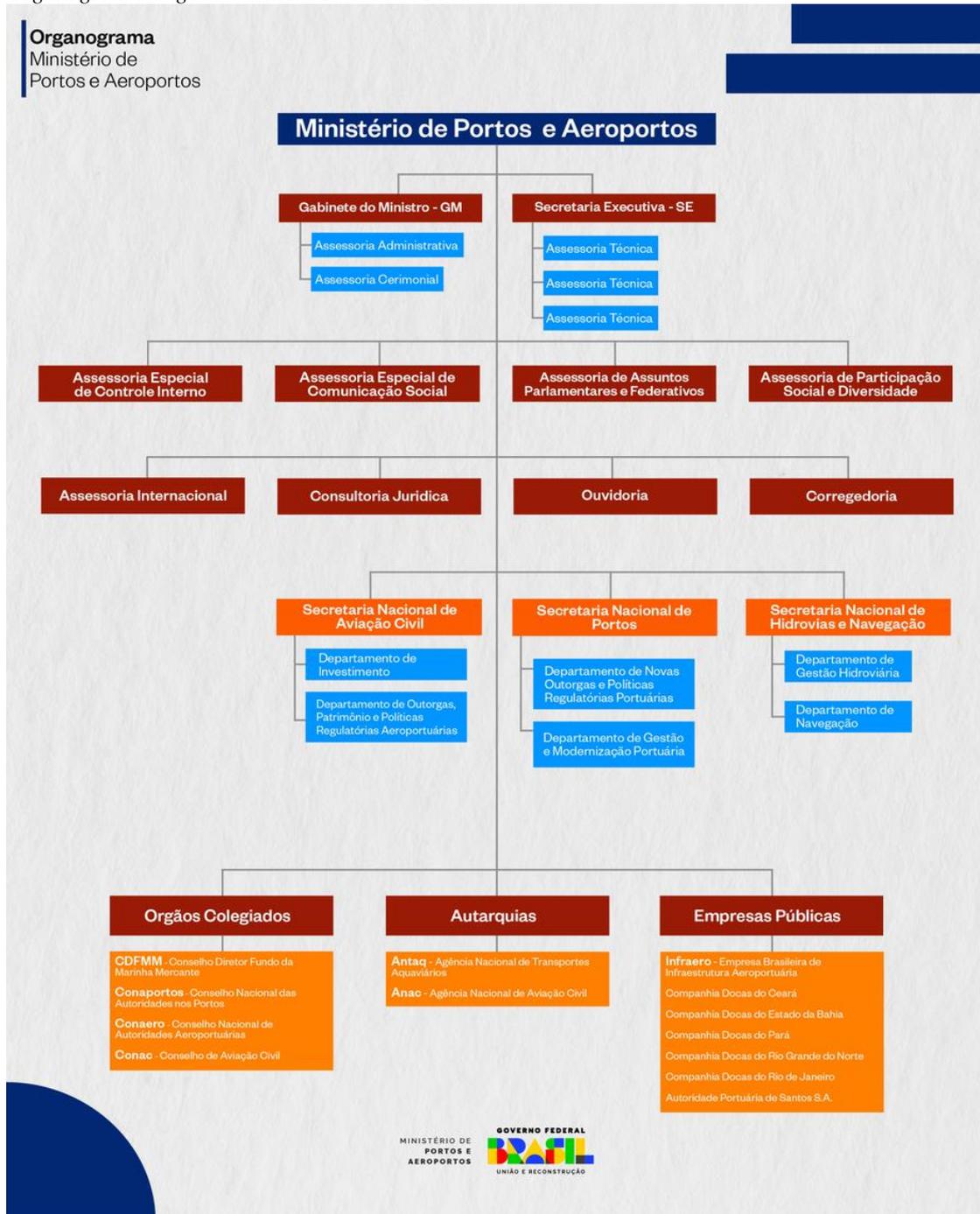
XI - arrendamento: cessão onerosa de área e infraestrutura públicas localizadas dentro do porto organizado, para exploração por prazo determinado;

XII - autorização: outorga de direito à exploração de instalação portuária localizada fora da área do porto organizado e formalizada mediante contrato de adesão; e

XIII - operador portuário: pessoa jurídica pré-qualificada para exercer as atividades de movimentação de passageiros ou movimentação e armazenagem de mercadorias, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário, dentro da área do porto organizado. Ainda atinente à exploração dos portos de competência da União, apresenta-se a seguir na Figura 1 o organograma da gestão e administração dos portos feita pelo Ministério de Portos e Aeroportos, conforme informações presentes no site do Governo Federal.

Figura 1

Organograma da gestão administrativa dos Portos.



Nota. Ministério de Portos e Aeroportos (2023)

Quanto ao Sistema Portuário Nacional, consoante às informações do *site* da ANTAQ (2024), compõem o sistema, atualmente, 18 portos organizados delegados, que estão sob administração estadual ou municipal, e 15 portos públicos administrados por 6 (seis)

Companhias Docas, além de 2 (dois) portos que operam sob concessão. O presente estudo tem como foco principal os 15 portos públicos administrados pelas Companhias Docas. Cabe destacar, a partir dos dados da ANTAQ e dos resultados obtidos nesta pesquisa acadêmica que o Porto de Santos possui grande movimentação, sendo responsável por grande parte da balança comercial brasileira, de acordo com informações do ano de 2024 fornecidas pela Secretaria de Comunicação Social no sítio do Governo Federal.

A Tabela 1 apresenta a lista de portos federais brasileiros, conforme dados da ANTAQ (2024).

Tabela 1

Portos Federais

Companhia	Portos
Autoridade Portuária de Santos S.A.	Porto de Santos
Companhia Docas do Rio de Janeiro	Porto de Angra dos Reis
	Porto de Itaguaí
	Porto do Rio de Janeiro
	Porto de Niterói
Companhia Docas da Bahia	Porto de Ilhéus
	Porto de Aratu - Candeias
	Porto de Salvador
Companhia Docas do Rio Grande do Norte	Porto de Maceió
	Terminal Salineiro de Areia Branca
	Porto de Natal
Companhia Docas do Ceará	Porto de Fortaleza
Companhia Docas do Pará	Porto de Santarém
	Porto de Belém
	Porto de Vila do Conde (Barcarena)

2.2 Eficiência

Conforme salienta Boueri et al. (2015), a economia apresenta um problema central, que é representado pela escassez de recursos. Nesse sentido, considerando esse cenário de escassez, as ações produtivas são no sentido de aumentar o aproveitamento desses recursos que estão disponíveis.

Nesse sentido de maximização do proveito dos recursos, destaca-se três conceitos que estão inter-relacionados, os quais expressam significados distintos, porém complementares, em uma análise de produção, sendo: eficiência, eficácia e produtividade.

Eficiência é um conceito abordado em disciplinas como economia, engenharia e administração. Segundo Mello et al. (2005), eficiência é algo relativo, uma vez que leva em consideração aquilo que foi produzido comparado com o que poderia ser produzido, a partir do uso dos exatos recursos; ou, ainda, qual seria o mínimo necessário de recursos para que se alcance o mesmo nível de produção. Com isso, a eficiência envolve não apenas a redução de custos, mas também a otimização dos processos para garantir que os recursos sejam utilizados da maneira mais produtiva e eficaz possível.

Nessa toada, Boueri et al. (2015) complementa que eficiência é a obtenção de maiores benefícios possíveis a partir de uma quantidade fixa de recursos. Ademais, Barbosa e Fuchigami (2018) caracterizam eficiência como a capacidade de dificultar e impedir o desperdício de recursos, além de alcançar os objetivos estabelecidos com a menor quantidade de recursos possível. Esses autores apontam que eficiência se trata de uma razão entre as saídas úteis e as entradas totais de recursos.

Cabe ressaltar que quando se busca mensurar a eficiência, isso está relacionado a um dos tipos de eficiência existentes, qual seja, eficiência técnica. A eficiência técnica, de acordo com Boueri et al. (2015), se caracteriza pela visão do produto como a diferença entre o total

efetivamente produzido com determinada quantidade de insumos e o total possível de se produzir, tendo em vista a tecnologia à disposição.

Em contraposição ao conceito de eficiência, salienta-se que esse se distingue de eficácia. Conforme Mello et al. (2005), eficácia se relaciona ao que se produz, desconsiderando-se os recursos utilizados, representando a capacidade de se alcançar determinado objetivo estabelecido. Os autores destacam, ainda, que esse conceito pode ser definido como a capacidade que uma unidade tomadora de decisão tem de alcançar a meta traçada, desconsiderando-se as entradas dos recursos utilizados. Vincula-se à ideia de atingir o objetivo proposto, que em termos técnicos pode ser compreendido pela razão entre o que foi planejado e o que foi atingido (Boueri et al., 2005).

Por sua vez, a produtividade é definida pela razão entre o que foi produzido e o que foi gasto para produzir, permitindo a comparação entre diferentes unidades produtivas (Mello et al., 2005). Boueri et al. (2015) acrescentam que a produtividade se trata de uma razão entre produtos e insumos, ou quantas unidades de um determinado produto podem ser produzidas por cada unidade de insumo. Barbosa e Fuchigami (2018) ressaltam que esse indicador é obtido pela divisão de duas quantidades diferentes, cada qual com sua respectiva unidade de medida, resultando em uma quantificação e correlação diferentes em cada caso. Boyle (2006) afirma se tratar de uma relação de proporção da medida do volume de saídas ou produtos (*outputs*) relativamente à medida do volume de entradas ou insumos (*inputs*).

2.3 Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados (DEA) teve seu surgimento no ano de 1978, quando os pesquisadores Charnes, Coopers e Rhodes buscavam comparar a eficiência de diferentes escolas americanas ao terem ou não implantado o programa de acompanhamento de alunos criado por Rhodes. Ocorre que ao serem calculadas essas eficiências, encontrava-se como obstáculo a atribuição adequada de pesos a cada uma das variáveis existentes de *inputs* e *outputs* (Barbosa & Fuchigami, 2015).

Dada essa situação, Edward Rhodes iniciou uma busca de mecanismos para apurar as eficiências das mencionadas entidades de ensino, o que o fez esbarrar no estudo de Farrell (1957), em que haviam sido definidos critérios para o cálculo da eficiência por meio de uma fronteira, um limite comparativo, conforme informam Barbosa e Fuchigami (2015). O mencionado estudo serviu de base para a criação do modelo DEA, sendo acrescentadas novas características ao estudo.

À vista do exposto, teve origem o método de análise de eficiência DEA, o qual tem como função calcular e comparar eficiência de diferentes sistemas produtivos, sejam esses bens ou serviços, a partir de uma fronteira, um limite, de eficiência (Barbosa & Fuchigami, 2015). Os autores apontam se tratar de um método que considera a homogeneidade das unidades comparadas, isto é, produzir os mesmos produtos por meio do uso dos mesmos insumos.

Ressalta-se que a DEA é uma técnica estatística não paramétrica usada para medir a eficiência de unidades produtivas analisadas, conhecidas como DMUs (*Decision Making Units*), utilizando-se da comparação com outras unidades similares (Mello et al., 2005). O fato dessa técnica ser não paramétrica está relacionado à individualidade de cada estudo, ou melhor, não é possível estender as conclusões de determinada pesquisa a outra, uma vez que cada uma possui, individualmente, suas próprias variáveis e aplicações, bem como parâmetros diversos (Barbosa & Fuchigami, 2015). Para o cálculo da influência de cada variável no resultado, utiliza-se a técnica de programação linear, atribuindo uma estimativa de pesos que maximizam as eficiências das DMUs. Destaca-se que os pesos têm a função de ponderar a utilização dos insumos e a produção de cada produto (Boueri et al., 2015), bem como maximizar a relação entre *inputs* e *outputs*.

Destaca-se que a DEA mede a eficiência comparando unidades produtivas com insumos semelhantes, as quais recebem diferentes quantidades de recursos e produzem diversos resultados, conforme explica Giacomello e Oliveira (2014). Essa análise considera *inputs* (entradas de recursos) e *outputs* (resultados obtidos). Boueri et al. (2015) ressaltam que a análise da eficiência se baseia na tese de que um determinado número de DMUs convertem os insumos (*inputs*) em produtos (*outputs*) ou resultados (*outcomes*).

Como informa Giacomello e Oliveira (2014), existem dois modelos principais na DEA: o modelo de Retornos Constantes de Escala (CRS) e o modelo de Retornos Variáveis de Escala (VRS).

O modelo CRS, também chamado de CCR, foi criado por Charnes, Cooper e Rhodes. Esse modelo pressupõe que variações nos *inputs* resultam em variações proporcionais nos *outputs*, utilizando uma superfície linear, sendo sempre igual a razão *inputs-outputs* e *outputs-inputs* (Giacomello & Oliveira, 2014). Destaca-se que a proposta desse método criado por Charnes et al. (1978) não considerava o porte da DMU para utilizá-la como parâmetro para as outras DMUs, sendo aplicado método que levava em conta os retornos constantes de escala (CRS – *Constant Returns to Scale*), de modo que o porte não interferia no desempenho ao utilizar os recursos (Barbosa & Fuchigami, 2015).

Os autores Barbosa e Fuchigami (2015) citam que a DEA tem como uma das vantagens calcular a eficiência das DMUs de forma comparativa, isto é, é possível tomar como base a DMU com maior produtividade e atribuí-la como padrão, de modo que a eficiência das outras DMUs é obtida pela divisão entre a sua produtividade e a produtividade da DMU padrão, sendo a DMU mais produtiva sempre igual a 100%.

Considerando o exposto, surgiram contribuições ao modelo CCR que seriam capazes de resolver problemas específicos que não eram solucionados por ele, como permitir que fossem considerados retornos variáveis de escala. Sendo assim, adveio o modelo VRS, também denominado BCC, o qual foi desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984). Esse modelo de análise permite incorporar retornos variáveis de escala (VRS – *Variable Returns to Scale*), assumindo que a curva de fronteira eficiente é convexa (Barbosa & Fuchigami, 2015). Conforme os mencionados autores, esse modelo considera a escala que a DMU se encontra no cálculo da eficiência, sendo que a DMU analisada pode se enquadrar tanto em escalas em que o retorno é crescente, como em escalas que é decrescente.

Em contraposição ao modelo CCR, o modelo BCC possibilita que DMUs eficientes analisadas não precisem possuir a mesma proporção entre *output* virtual e *input* virtual, fator que enseja o aumento no número de unidades consideradas eficientes quando comparado ao modelo CCR (Barbosa & Fuchigami, 2015). Ressalta-se que *output* e *input* virtuais estão relacionados à questão de múltiplos *inputs* e *outputs* somados após a multiplicação de cada um pelo seu respectivo peso. Ademais, o modelo em apreço reconhece que aumentos nos recursos podem originar em aumentos não proporcionais nos resultados, refletindo situações mais realistas em muitas aplicações práticas (Banker et al., 1984).

Cabe destacar que o modelo BCC é oriundo da decomposição do modelo CCR em dois segmentos: eficiência técnica e eficiência de escala. Nesse sentido, a eficiência técnica, objeto de aplicação do presente estudo, retrata a eficiência na conversão de *inputs* e *outputs*, enquanto a eficiência de escala reconhece que não é possível alcançar a economia de escala em todos os níveis de produção, além de haver um tamanho de escala que é mais produtivo, sendo a eficiência máxima equivalente a 100% (Barbosa & Fuchigami, 2015).

Finalmente, é relevante evidenciar que mensurar a eficiência é essencial para garantir um desempenho ideal em qualquer organização, tendo em vista que a partir dessa análise é possível verificar as principais dificuldades que a entidade está enfrentando em termos de operação, assim como buscar e implementar metas que subsidiarão a unidade avaliada a atingir a fronteira definida de eficiência (Barbosa & Fuchigami, 2015).

2.4 Revisão de Estudos Aplicados

Apresenta-se a seguir revisão de trabalhos científicos que estudaram a eficiência de portos utilizando o método de Análise Envoltória de Dados. Os trabalhos focaram em temas como terminais de contêineres, portos do Brasil ou de regiões do país em separado, portos que movimentam graneis, portos europeus, variáveis operacionais e financeiras, gestão pública e privada.

Almeida e Paulinelli (2019) realizaram uma pesquisa científica com o objetivo de analisar as eficiências técnicas referente aos terminais de contêiner de 12 (doze) portos brasileiros, utilizando a análise envoltória de dados (DEA) com os modelos BCC e CCR. Para isso foram utilizados dados referentes ao ano de 2018 e 4 (quatro) variáveis, sendo 3 (três) *inputs* (número de berços, área de estocagem e quantidade de portêineres) e 1 (um) *output* (movimentação de contêineres). Como resultado, tanto para o CCR quanto para o BCC, o Porto de Santos e o Porto do Paranaguá foram os únicos tiveram eficiência relativa máxima nos dois modelos. Vale ressaltar que um portêiner é uma máquina utilizada nos portos para carga e descarga de mercadorias.

Sousa Júnior, Nobre Júnior e Prata (2008) tiveram como objetivo elaborar um modelo para a medição da eficiência relativa dos portos da região nordeste do Brasil, utilizando o método DEA no período de 2003 a 2006. No trabalho foram considerados 2 (dois) *inputs* (comprimento dos berços e calado admissível) e 1 (um) *output* (movimentação, em toneladas ou em número de contêineres). Como resultado o Porto de Salvador foi considerado eficiente quando foi aplicado o modelo para 6 (seis) portos que operam contêineres. Para a carga geral foram 9 (nove) portos, sendo considerados eficientes os portos de Salvador, Maceió e Recife.

Tiscoski (2016) apresentou em sua pesquisa uma análise da eficiência operacional portuária dos complexos portuários públicos movimentadores de graneis sólidos e agrícolas no ano de 2014, utilizando o método DEA. Como variáveis do estudo, foram utilizados comprimento do berço e consignação média como *inputs*; já para os *outputs*, prancha média e movimentação. Com os resultados obtidos no estudo, mostra-se que os portos que mais movimentam carga são os que recebem um maior número de navios, porém, em alguns casos são os que apresentam maior tempo de espera de navios para atracação, apresentando um reflexo de uma menor eficiência.

Christo (2022) elaborou um trabalho com o objetivo de avaliar a eficiência dos portos brasileiros, considerando os diversos tipos de carga movimentada. Como método para mensuração da eficiência, utilizou-se o DEA aplicando os modelos CCR e BCC. O autor aplicou o método em 33 portos públicos brasileiros no período de 2018 a 2021. Foram 7 (sete) variáveis utilizadas, sendo 5 (cinco) *inputs* (consignação média, tempo médio de operação, tempo médio atracado, tempo médio de estadia e número de atracações); e 2 (dois) *outputs* (receita tarifária média por atracação e movimentação portuária). Pôde-se observar com o resultado da pesquisa que a eficiência dos portos pode ser alterada pelo tipo de carga, podendo haver portos eficientes em um tipo de carga, porém ineficientes em outro. Ademais, o conjunto de carga geral e granel líquido aumentou a eficiência produtiva.

Ferreira (2021) mensurou a eficiência técnica relativa dos terminais portuários brasileiros que movimentaram pelo menos 1% do total de contêineres movimentados no ano de 2019 em relação ao total movimentado no ano. Para a pesquisa foi aplicado o método DEA, tendo como base os modelos CCR e BCC. Foram utilizadas 6 (seis) variáveis, sendo 3 (três) *inputs* e 3 (três) *outputs*. As variáveis *inputs* são: profundidade, comprimento médio dos berços e quantidade de berços. Já para os *outputs* foram: quantidade de contêineres movimentados, taxa de consignação e prancha média. Como resultado concluiu-se que parte considerável dos terminais operaram abaixo de sua capacidade máxima e dois deles apresentaram retornos

decrecentes de escala, sendo eles: Brasil Terminal Portuário (BTP) Santos e Terminal Portuário do Pecém. Já em relação aos *benchmarks* foram dois terminais: TvV (Vitória) e Portonave.

Mello e Silva (2019) analisaram três portos do nordeste brasileiro utilizando 12 (doze) portos como base para comparação e a Análise Envoltória de Dados (DEA) pelos modelos CCR e BCC. Foram utilizadas 4 (quatro) variáveis, sendo 3 (três) *inputs* (número de berços, comprimento dos berços e profundidade dos berços) e 1 (um) *output* (movimentação de cargas contêiner peso bruto no ano de 2018). Como resultado o Porto de Salvador e o Porto Paranaguá tiveram eficiência máxima tanto no modelo CCR quanto no BCC. Contudo para o modelo BCC ainda foram considerados eficientes: Portos de Mucuripe, Porto de Pecém e Portonave.

Lourenço, Ferreira e Sugaharra (2020) fizeram uma análise da eficiência de portos europeus com dados de 2018 utilizando a Análise Envoltória de Dados (DEA), aplicando, para tanto, os modelos CCR e BCC. Foram considerados 23 portos europeus e para aplicar o método foram utilizadas 5 (cinco) variáveis, sendo 2 (dois) *inputs* (tempo médio no porto e idade média dos navios) e 3 (três) *outputs* (capacidade média por navio, número de chegadas e número de contêineres transportados). Os resultados do trabalho mostraram divergência entre as eficiências portuárias dos portos entre os modelos CCR e BCC, sendo o BCC o menos eficiente. Em relação aos portos, foram considerados os mais eficientes os da Alemanha, Espanha, Bélgica e França.

Fontana (2022) analisou a eficiência do setor portuário brasileiro considerando os diferentes tipos de titularidade da gestão dos portos, em busca de analisar a relação da eficiência na gestão pública e privada. Foram avaliados 43 portos brasileiros, sendo 15 de gestão pública e 28 privada. O autor utilizou duas abordagens, sendo elas: Análise Envoltória de Dados (com aplicação dos modelos BCC e CCR) para mensurar a eficiência, e a Regressão *Tobit* para avaliar a relevância da variável de gestão. Em relação às variáveis, foram selecionadas 6 (seis) variáveis, sendo 4 (quatro) *inputs* (capacidade de movimentação de carga do porto, comprimento do cais, calado e taxa de movimentação) e 2 (dois) *outputs* (total de carga movimentada e número de atracções). De acordo com o autor, os resultados não foram estatisticamente significativos, porém sinalizou que a eficiência técnica é negativamente impactada na gestão pública.

Barros e Almeida (2019) elaboraram uma pesquisa com o propósito de mensurar a eficiência portuária da região norte com ênfase no porto de Manaus, e para isso utilizaram a Análise Envoltória de Dados (DEA) com o modelo BCC, e dados de 2014. Foram 5 (cinco) variáveis utilizadas, sendo 4 (quatro) *inputs* (número de máquinas, número de guindastes, área total do porto e comprimento dos berços de atracção) e 1 (um) *output* (carga movimentada). Com base nos resultados obtidos, dos 6 (seis) portos que entraram na análise, o Porto de Manaus foi o único que apresentou ineficiência.

Vieira et. al. (2014) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar comparativamente a eficiência dos terminais de contêineres dos portos da região sul do Brasil utilizando a Análise Envoltória de Dados (DEA) com o modelo CCR. Foram utilizadas 7 (sete) variáveis, sendo 4 (quatro) *inputs* (calado, extensão dos berços, capacidade estática e quantidade de guias em cada terminal) e 3 (três) *outputs* (quantidade de navios, movimentação e contêineres e produtividade). Com o resultado pôde-se observar que os portos de Paranaguá, São Francisco do Sul, Itajaí e Navegantes foram os mais eficientes.

A Tabela 2 a seguir explicita o método DEA utilizado (em relação ao retorno de escala) e as variáveis utilizadas (*inputs* e *outputs*).

Tabela 2*Revisão de estudos aplicados – Método e variáveis utilizadas*

Trabalho	Método	Inputs	Outputs
Almeida e Paulinelli (2019)	BCC e CCR	- Número de berços de contêineres; - Área de estocagem; - Quantidade de portêineres.	- Movimentação de contêineres [toneladas]
Sousa Júnior, Nobre Júnior e Prata (2008)	BCC e CCR	- Berço; - Calado.	- Quantidade de carga movimentada.
Tiscoski (2016)	CCR	- Extensão dos berços; - Consignação média.	- Prancha; - Movimentação de carga (toneladas).
Christo (2022)	BCC e CCR	- Consignação média; - Tempo médio de operação; - Tempo médio atracado; - Tempo médio de estadia; - Número de atracções.	- Receita tarifária média por atracção; - Movimentação portuária.
Ferreira (2021)	BCC e CCR	- Profundidade média dos berços; - Comprimento médio dos berços; - Quantidade de berços.	- Quantidade de contêineres movimentados no ano; - Taxa de consignação; - Prancha média.
Mello e Silva (2019)	BCC e CCR	- Número de berços; - Profundidade média dos berços; - Extensão total dos berços	- Carga movimentada.
Lourenço, Ferreira e Sugaharra (2020)	BCC e CCR	- Tempo médio no porto (dias); - Idade média dos navios.	- Capacidade média por navio (TEU); - Número de chegadas; - Número de contêineres transportados (TEU).
Fontana (2022)	BCC e CCR	- Tempo médio de estadia; - Calado; - Número de berços.	- Taxa média de ocupação no ano; - Total de carga movimentada; - Número de atracções.
Barros e Almeida (2019)	BCC	- Número de máquinas (Tratores, caminhões, empilhadeiras); - Número de Guindastes; - Área Total do Porto; - Comprimento dos berços de atracção.	- Carga movimentada (toneladas).
Vieira, et. al. (2014)	CCR	- Calado (; - Extensão do berço (m); - Capacidade estática (TEU); - Número de guindastes.	- Navios (qde); - Movimentação (TEU); - Produtividade no cais (unid/h).

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar a eficiência operacional dos 15 portos federais brasileiros, tendo como referência o período de 2019 a 2023. Para análise dos dados, aplica-se neste estudo o método de Análise Envoltória de Dados (DEA), com utilização especificamente do modelo de Retornos Variáveis de Escala (*Variable Returns of Scale - VRS*), também conhecido como BCC, em homenagem aos seus desenvolvedores.

Foram consideradas três variáveis de entrada (*inputs*) relacionadas à infraestrutura portuária e duas variáveis de saída relacionada com o desempenho operacional (*outputs*). As variáveis de entrada foram representadas por extensão do cais, quantidade de berços e profundidade. Já as variáveis de saída foram compostas por carga bruta movimentada e tempo atracado

Além disso, é realizada uma análise estatística descritiva para complementar a análise de eficiência, a partir dos parâmetros de média, mediana, desvio padrão, máximo, mínimo, amplitude e coeficiente de variação (CV).

3.1 Dados

Neste estudo foram analisadas as variáveis extensão do cais, a quantidade de berços, a profundidade, a carga bruta movimentada e o tempo de atracação. Os dados de infraestrutura dos portos (extensão, berços e profundidade) foram obtidos no site de cada porto. Já os dados sobre a carga bruta movimentada e o tempo de atracação foram obtidos no site da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) por meio do Painel do Estatístico Aquaviário. Os dados são referentes ao período de 2019 a 2023. A Tabela 3 identifica os dados utilizados, sua descrição e a fonte de onde foram extraídas as informações.

Em relação à variável de tempo de atracação, foi utilizado o seu inverso, uma vez que o *software* utilizado para o processamento dos dados identifica que quanto maior o valor, melhor o desempenho. Dessa forma, como a respectiva variável é um resultado que indica que quanto menor ela for, mais eficiente será, o seu inverso se torna uma opção útil como resultado.

Tabela 3
Variáveis utilizadas

Variável	Descrição	Fonte
Extensão	Extensão do cais de atracação.	Sites de cada porto
Berços	Quantidade de berços de atracação.	Sites de cada porto
Profundidade	Profundidade junto ao cais.	Sites de cada porto
Carga bruta	Carga bruta total movimentada no ano.	Antaq (2024)
Tempo de atracação	Tempo de duração da atracação do navio.	Antaq (2024)

No Apêndice, a Tabela 15 apresenta os dados utilizados no estudo.

3.2 Método

Os dados dos 15 portos federais estudados foram inicialmente analisados por meio de estatística descritiva, com a elaboração de tabelas e cálculos de estatísticas com apuração de média, mediana, mínimo, máximo, amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação.

A Tabela 4 apresenta as estatísticas utilizadas e sua respectiva descrição.

Tabela 4*Estatísticas utilizadas para avaliação*

Estatística	Descrição
Média	Valor médio das variáveis
Mediana	Valor central das variáveis.
Mínimo	Menor valor observado.
Máximo	Maior valor observado.
Amplitude	Diferença entre o valor máximo e o mínimo.
Desvio Padrão	Medida da dispersão das observações em relação à média.
Coeficiente de Variação	Razão entre o desvio padrão e a média, expressa em porcentagem

A análise da eficiência foi realizada pelo método de Análise Envoltória de Dados, descrito na seção de referencial.

Para a análise de eficiência operacional, foram consideradas cinco variáveis, sendo três insumos (*inputs*) e dois produtos (*outputs*). Os *inputs* são: extensão do cais, berços e profundidade, já para os *outputs*: carga bruta movimentada e tempo médio atracado.

Para aplicação do método foi utilizado o software Max DEA.

A Tabela 5 apresenta as variáveis que utilizadas para a análise da eficiência operacional.

Tabela 5*Variáveis para análise de eficiência*

Insumos (Inputs)	Resultados (Outputs)
Extensão do cais	Carga bruta movimentada
Berços	Inverso do tempo médio atracado
Profundidade	

Em relação ao método e Análise Envoltória de Dados, foi realizada a análise considerando retornos variáveis de escala, também conhecido como VRS ou como BCC.

Como os portos apresentam uma grande variação em termos de tamanho, capacidade e infraestrutura, utilizar retornos variáveis de escala para aplicação do método permite captar essas diferenças e ajustá-las na análise, reconhecendo que nem todos os portos operam na mesma escala de produção ou com os mesmos recursos.

4 RESULTADOS

4.1 Estatística Descritiva

Nesta seção, são apresentadas as análises estáticas a respeito da infraestrutura portuária, carga bruta movimentada e tempo médio atracado.

4.1.1 Infraestrutura Portuária: Extensão, Número de Berços e Profundidade

Na Tabela 6, apresentam-se os dados de infraestrutura portuária para os portos federais considerados, abrangendo a unidade da federação de localização do porto, a extensão do cais, a quantidade de berços e a profundidade do porto.

Tabela 6

Infraestrutura Portuária: Extensão, Número de Berços e Profundidade

Porto	Estado	Extensão [metros]	Berços	Profundidade [metros]
Porto de Santos	SP	16.000	60	14,5
Porto de Angra dos Reis	RJ	400	2	10
Porto de Itaguaí	RJ	2.200	8	18,1
Porto do Rio de Janeiro	RJ	6.700	31	15
Porto de Niterói	RJ	430	3	7,5
Porto de Ilhéus	BA	432	2	9,8
Porto de Aratu - Candeias	BA	1.426	6	12
Porto de Salvador	BA	2.092	10	13,9
Porto de Maceió	AL	1.407	7	11
Terminal Salineiro de Areia Branca	RN	166	1	18
Porto de Natal	RN	600	3	11,5
Porto de Fortaleza	CE	1.554	8	14
Porto de Santarém	PA	830	4	15
Porto de Belém	PA	1.295	6	7
Porto de Vila do Conde (Barcarena)	PA	2.400	10	20

A partir dos dados apresentados na Tabela 6, verifica-se que o porto de Santos, o único federal localizado no estado de São Paulo, possui a maior extensão e quantidade de berços comparativamente aos demais portos analisados.

Na sequência, todos os portos do estado do Rio de Janeiro, sendo o de Angra dos Reis, Itaguaí, Rio de Janeiro e Niterói, somam juntos 9.730 metros, com 44 berços ao todo.

Relativamente ao estado da Bahia, Ilhéus, Aratu-Candeias e Salvador atingem a extensão total de 3.950 metros e 18 berços. Quanto ao porto de Maceió, do estado de Alagoas, tem-se a extensão 1.407 metros, contando com 7 berços. Já no Rio Grande do Norte, abrangidos o terminal de Salineiro de Areia Branca e o porto de Natal, observa-se a extensão total de 766 metros com 4 berços. No porto de Fortaleza, no Ceará, tem-se 1.554 metros e 8 berços. Por fim, no estado do Pará, Santarém, Belém e Vila do Conde (Barcarena) atingem 4.525 metros de extensão ao todo, com 20 berços.

Além disso, ao considerar as informações referentes à profundidade dos portos, medida em metros, observa-se que os portos de Vila do Conde, Itaguaí e Salineiro de Areia Branca, nessa ordem, possuem as três maiores profundidades entre os portos verificados, respectivamente, 20 metros; 18,1 metros; e 18 metros. Quanto ao número de berços, o porto de Santos (SP) lidera em termos de extensão, seguido pelos portos do Rio de Janeiro (RJ) e de Vila do Conde (PA), sendo, respectivamente, 16.000 metros; 6.700 metros; e 2.400 metros. Já quanto ao número de berços, Santos (SP), Rio de Janeiro (RJ) e, em igual número, Salvador (BA) e Vila do Conde (PA) possuem, nessa sequência, a maior quantidade quando comparados aos demais portos, sendo 60, 31 e 10 berços.

A Tabela 7 apresenta a estatística descritiva resumida para as variáveis de infraestrutura portuária consideradas.

Tabela 7

Estatística descritiva da infraestrutura portuária

Estatística	Extensão [metros]	Berços	Profundidade [metros]
média	2.528,8	10,7	13,2
mediana	1.407,0	6,0	13,9
desvio padrão	3.912,9	14,9	3,7
máximo	16.000	60	20
mínimo	166	1	7
Amplitude	15.834,0	59	13
Coeficiente de Variação	1,55	1,39	0,28

Diante do exposto na Tabela 6, os dados extraídos deram origem às variáveis estatísticas apresentadas na Tabela 7, compostas por média, mediana, desvio padrão, máximo, mínimo, amplitude e coeficiente de variação. Dessa forma, verificam-se, primeiramente, os parâmetros da extensão dos portos, apurando-se média de 2.528,8 metros, mediana de 1.407,0 metros, desvio padrão de 3.912,9 metros, extensão máxima de 16.000 metros (porto de Santos) e mínima de 166 metros (terminal Salineiro de Areia Branca), amplitude de 15.834,0 metros (dada pela diferença entre as extensões máxima e mínima) e coeficiente de variação de 155%.

Com relação à quantidade de berços, obteve-se a quantidade média de 10,7, mediana de 6 (seis) berços, desvio padrão de 14,9, quantia máxima de 60 (porto de Santos) e mínima de 1 (um) berço (terminal Salineiro de Areia Branca), amplitude de 59 berços (ao comparar o máximo de Santos e o mínimo do Salineiro de Areia Branca) e 139% como coeficiente de variação.

No que diz respeito à profundidade, apurou-se a média de 13,2 metros, mediana de 13,9 metros, desvio padrão de 3,7 metros, profundidade máxima de 20 metros e mínima de 7 (sete) metros, conseqüentemente amplitude de 13 metros e coeficiente de variação de 28 %.

Observa-se que a maior variabilidade entre os portos foi para a extensão de cais, com um coeficiente de variação de 155%, e a menor variabilidade foi para a profundidade, que apresentou coeficiente de variação de 28%.

Portanto, verifica-se que as infraestruturas dos portos, de modo geral, não são semelhantes entre si. Isso é possível observar, a princípio, pela extensão dos portos de Santos e do Rio de Janeiro, os quais mais se distanciam do tamanho dos portos como um todo. Caso ambos sejam retirados da análise, a média passa de 2.528,8 metros para 1.171,7 metros, enquanto o desvio padrão passa de 3.912,9 metros para 725,5 metros, informação que evidencia alta dispersão ao considerar os mencionados portos. Já no caso de desconsiderar apenas o porto de Santos, a média de extensão de 2.528,8 metros passa a ser de 1.566,6 metros, enquanto o desvio de 3.912,9 metros é substituído pelo de 1.586,1 metros, fato que ainda demonstra alta dispersão quando se considera Rio de Janeiro na análise.

Quanto à quantidade de berços, é identificada uma mesma situação ocorrida na análise das extensões, qual seja, os portos de Santos e do Rio de Janeiro, quando observados em conjunto com os demais, provocam variações consideráveis na análise do conjunto portuário. O desvio padrão do número de berços dos 15 portos federais é de 14,9, e caso retirado Santos da análise passa a ser de 7,2; excluído também Rio de Janeiro, o desvio padrão é representado por 3 (três). Já a média total de 10,7 passa para 7,2 sem Santos, e 5,4 sem Rio de Janeiro. A mediana segue inalterada. Frente a isso, extrai-se que fora os berços de Santos e Rio de Janeiro, os demais portos possuem quantidades de berços sem variações consideráveis entre si.

E finalmente, em se tratando da profundidade dos portos em metros, ao todo o desvio padrão é de 3,7, não representando dispersão relevante com relação à média de profundidade

portuária federal, que é de 13,2. Observa-se que os portos que mais se distanciam do valor médio de profundidade são, respectivamente, Belém, Ilhéus, Vila do Conde e Itaguaí, cujas variação percentuais, em ordem decrescente, são de 47%, 43%, 38% e 37%. As profundidades dos demais portos variam de 6% a 25% quanto à média, sendo, desses últimos, o com menor variação Salvador e o com maior, Ilhéus.

4.1.2 Carga bruta movimentada

A movimentação de carga bruta é apresentada na Tabela 8. Observa-se que em termos totais, a movimentação de carga bruta nos portos federais em 2019 foi de 208,8 milhões de toneladas e em 2023 foi de 262,5 milhões de toneladas, representando um crescimento de 25,7%. A Figura 2 ilustra a movimentação total.

Tabela 8

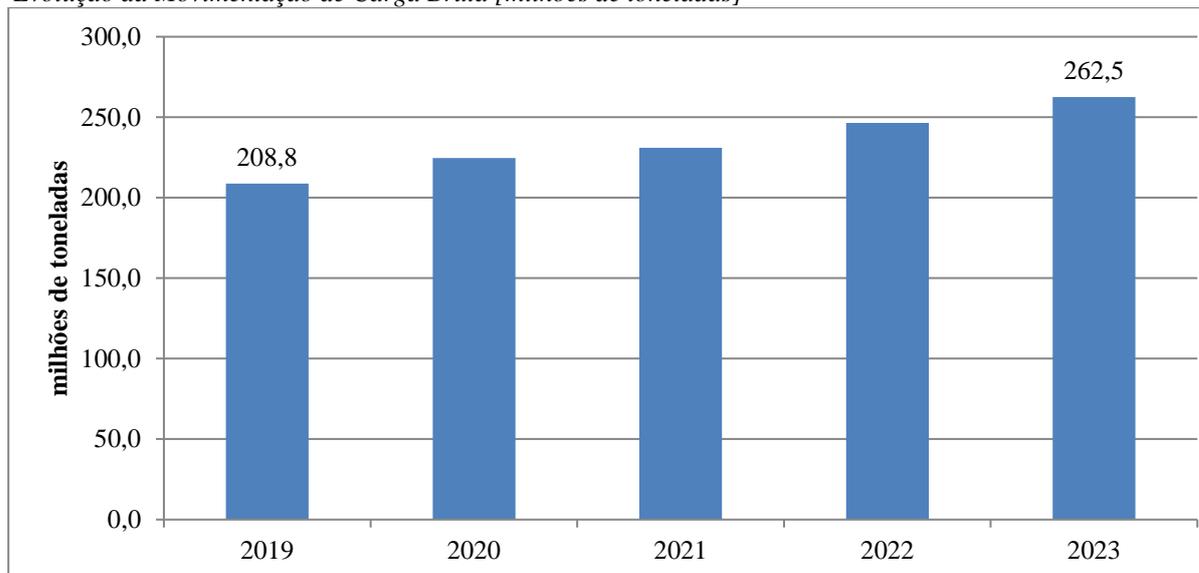
Carga Bruta Movimentada [milhares de toneladas]

Portos	2019	2020	2021	2022	2023
Porto de Santos	106.211,2	114.353,7	113.279,5	126.216,6	135.901,7
Porto de Angra dos Reis	1,2	0,5	18,9	28,2	20,7
Porto de Itaguaí	43.186,4	46.241,8	51.723,2	50.619,5	55.777,0
Porto do Rio de Janeiro	7.476,9	8.502,7	10.540,5	11.286,3	11.062,3
Porto de Niterói	12,6	42,9	76,4	66,4	42,0
Porto de Ilhéus	147,4	322,1	464,6	403,9	527,7
Porto de Aratu - Candeias	6.369,0	6.108,1	7.365,2	6.993,4	6.684,8
Porto de Salvador	5.100,8	5.173,8	5.582,3	4.936,6	4.677,1
Porto de Maceió	1.625,0	1.846,6	2.143,7	2.350,2	2.641,3
Terminal Salineiro de Areia Branca	4.458,2	3.652,9	4.053,6	4.354,1	3.815,4
Porto de Natal	732,5	696,9	614,6	660,3	444,8
Porto de Fortaleza	4.392,4	4.944,8	4.874,0	4.254,8	4.418,6
Porto de Santarém	12.622,0	14.427,0	10.542,4	13.234,9	15.945,0
Porto de Belém	2.701,1	3.058,2	3.197,6	3.072,4	3.725,0
Porto de Vila do Conde (Barcarena)	13.787,3	15.331,0	16.434,0	17.893,5	16.788,5
Total	208.824,1	224.702,9	230.910,7	246.371,1	262.471,9

Considerando a Tabela 8 acima, extrai-se que os portos que tiveram as maiores participações na carga bruta total movimentada, dos anos de 2019 a 2023, foram Santos, Itaguaí, Vila do Conde e Santarém, nessa ordem, em todos os períodos.

O porto de Santos foi responsável por movimentar 50,9%; 50,9%; 49,1%; 51,2%; e 51,8% do somatório das cargas de todos os portos nos cinco anos analisados. Na sequência, o porto de Itaguaí movimentou 20,7%; 20,6%; 22,4%; 20,5%; e 21,3% da carga bruta total. Já o porto de Vila do Conde (Barcarena), participou da movimentação da carga bruta total em 6,6%; 6,8%; 7,1%; 7,3%; e 6,4% de 2019 a 2023. Por fim, o último porto que teve as maiores participações em relação ao total de carga bruta movimentada foi Santarém, tendo participado com 6,0%; 6,4%; 4,6%; 5,4%; e 6,1% em 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023, respectivamente.

Nesse sentido, cabe ressaltar que a carga bruta total movimentada, conforme demonstrado na Tabela 8, experimentou crescimento em todos os anos analisados, como pode ser observado na Figura 2 a seguir. É possível observar que a carga bruta total movimentada experimentou aumento de 7,6% de 2019 para 2020; 2,8% de 2020 para 2021; 6,7% de 2021 para 2022; e 6,5% de 2022 para 2023.

Figura 2*Evolução da Movimentação de Carga Bruta [milhões de toneladas]*

Não obstante, salienta-se que à exceção do porto de Maceió, o qual teve crescimento na movimentação de carga em todos os anos, todos os demais portos não passaram por crescimento linear, sofrendo aumentos e diminuições período a período, sem haver tendência e padrão de acréscimo ou decréscimo. Isto é, embora a movimentação total da carga tenha aumentado de 2019 a 2023, não é possível atribuir tal crescimento a um porto em específico, uma vez que as participações percentuais de Maceió no todo corresponderam a 0,8%; 0,8%; 0,9%; 1,0%; e 1,0%, respectivamente, participações pouco expressivas quando comparadas a Santos, Itaguaí, Vila do Conde e Santarém.

Dessa forma, com base nas informações contidas na Tabela 8 acima, obtém-se os resultados dos dados estatísticos dos portos apresentados na Tabela 9 a seguir, relativamente à carga bruta movimentada, de 2019 a 2023, contendo análise de média, mediana, mínimo, máximo, amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 9*Estatística descritiva da carga bruta movimentada*

Estatística	Carga Bruta Movimentada (em toneladas)				
	2019	2020	2021	2022	2023
Média	13.921.609	14.980.194	15.394.044	16.424.740	17.498.125
Mediana	4.458.203	4.944.786	4.873.979	4.354.060	4.418.627
Mínimo	1.240	514	18.922	28.201	20.716
Máximo	106.211.153	114.353.735	113.279.537	126.216.637	135.901.717
Amplitude	106.209.913	114.353.221	113.260.615	126.188.436	135.881.001
Desvio Padrão	26.783.408	28.844.046	28.966.919	31.827.678	34.417.080
Coeficiente de Variação	1,924	1,925	1,882	1,938	1,967

Inicialmente, atenta-se para a coerência entre as informações da Figura 2 e a média estatística da carga movimentada, em outras palavras, assim como a carga bruta total aumentou ano após ano, a média entre as cargas brutas movimentadas de todos os portos, de 2019 a 2023, também se elevou. A média teve um aumento de 7,60% em 2020, 2,76% em 2021, 6,70% em 2022 e 6,54% em 2023, sendo o aumento comparado com seu ano anterior.

Com relação à menor quantidade de carga bruta movimentada, apurou-se que em todos os períodos verificados o porto de Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro, foi o que menos movimentou carga em milhares de toneladas. Em contrapartida, corroborando com a análise

acima, destaca-se que Santos foi o porto que mais movimentou carga bruta, em milhares de toneladas, de 2019 a 2023. Sendo assim, têm-se como diferença entre as movimentações máxima e mínima (amplitude), expressos em milhares de toneladas, os valores de 106.211,15 em 2019; 114.353,74 em 2020; 113.279,54 em 2021; 126.216,64 em 2022; e 135.901,72 em 2023.

Quanto ao coeficiente de variação, dado pela divisão do desvio padrão pela média, constatou-se que apenas de 2020 para 2021 houve diminuição na dispersão dos dados de carga bruta movimentada com relação à média tendo um coeficiente de variação de 188%, enquanto nos demais períodos verificados as informações de carga bruta dos portos estiveram mais espalhadas dos valores das médias de cada ano, indicando que as cargas brutas movimentadas dos portos não foram semelhantes entre si, apresentando valores diversos da média apurada e sendo o ano de 2023 o mais disperso de todos, com uma variação aproximada de 197%.

Concernente à organização das cargas em ordem crescente, é possível observar que a mediana, medida de tendência central, foi representada pelo terminal Salineiro de Areia Branca nos anos de 2019 e 2022, enquanto o porto de Fortaleza foi responsável pelas medianas dos anos de 2020, 2021 e 2023. Nesse sentido, observa-se que as medianas foram, em milhares de toneladas, de 4.458,20 em 2019; 4.944,80 em 2020; 4.874,00 em 2021; 4.354,10 em 2022; e 4.418,60 em 2023.

Concomitantemente, as médias foram, em toneladas, de 13.921.609 em 2019; 14.980.194 em 2020; 15.394.044 em 2021; 16.424.740 em 2022; e 17.498.125 em 2023. Com isso, ao comparar as médias de cada ano com as respectivas medianas é possível extrair que a variação entre essas duas variáveis foi, de 2019 a 2023, respectivamente, de 67,98%; 66,99%; 68,34%; 73,49%; e 74,75%.

Essa informação aponta que há uma variação considerável ao comparar os valores de média ao valor central organizado em ordem crescente das cargas. A partir dessa comparação entre as médias e as medianas, é possível extrair que os valores que se encontram no topo da distribuição são distantes do valor do centro, quando comparado aos valores na parte inferior da distribuição. Ademais, a grande variação das cargas, sem haver um padrão de movimentação, é observada ao comparar os valores mínimos de movimentação, os máximos, as medianas e as médias.

4.1.3 Tempo Médio Atracado

A Tabela 10 apresenta o inverso do tempo médio atracado (em horas) de diversos portos federais brasileiros no período de 2019 a 2023, oferecendo uma medida da eficiência portuária em que valores mais altos indicam menor tempo médio de atracação, sinalizando maior eficiência.

Tabela 10
Inverso do tempo médio atracado (horas)

Portos	Inverso do tempo médio atracado				
	2019	2020	2021	2022	2023
Porto de Santos	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Porto de Angra dos Reis	0,01	0,07	0,01	0,02	0,03
Porto de Itaguaí	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Porto do Rio de Janeiro	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Porto de Niterói	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02
Porto de Ilhéus	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Porto de Aratu - Candeias	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Porto de Salvador	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
Porto de Maceió	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Terminal Salineiro de Areia Branca	0,14	0,13	0,13	0,13	0,11
Porto de Natal	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
Porto de Fortaleza	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Porto de Santarém	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
Porto de Belém	0,04	0,05	0,03	0,04	0,02
Porto de Vila do Conde (Barcarena)	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02

O Porto de Santos manteve uma agilidade estável ao longo dos anos, com valores constantes de 0,02 durante todo o período analisado. Em contraste, o porto de Angra dos Reis apresentou variações significativas, atingindo um pico de eficiência em 2020 (0,07) e demonstrando uma melhoria contínua até 2023 (0,03).

O Porto de Itaguaí mostrou-se consistentemente eficiente, com valores fixos de 0,02 ao longo dos anos analisados. De forma semelhante, o porto do Rio de Janeiro manteve uma estabilidade com valores de 0,03 em todos os anos do período.

No caso do Porto de Niterói, observou-se uma flutuação considerável na eficiência, caindo de 0,04 em 2019 para 0,01 em 2021, e posteriormente recuperando-se para 0,02 em 2022 e 2023. O porto de Ilhéus apresentou baixa eficiência constante, com valores fixos de 0,01 ao longo de todo o período.

O Porto de Aratu-Candeias se manteve estável, apresentando valores de 0,02 durante todos os anos. O Porto de Salvador mostrou uma alta eficiência, com valores de 0,05 de 2019 a 2021, uma ligeira queda para 0,04 em 2022, seguida por uma recuperação para 0,05 em 2023.

O Porto de Maceió indicou uma leve queda de eficiência, de 0,02 entre 2019 e 2021 para 0,01 em 2022 e 2023. O Terminal Salineiro de Areia Branca apresentou os maiores valores de eficiência, apesar de uma ligeira redução ao longo dos anos, de 0,14 em 2019 para 0,11 em 2023.

O Porto de Natal apresentou pequenas variações, com valores de 0,01 em 2019-2020, aumento para 0,02 em 2021-2022, e retorno para 0,01 em 2023. O Porto de Fortaleza manteve-se consistentemente eficiente com valores de 0,02 ao longo de todo o período.

O Porto de Santarém apresentou um aumento na eficiência, com valores crescentes de 0,04 em 2019 para 0,05 de 2020 a 2023. O Porto de Belém exibiu variações, com um pico de eficiência em 2020 (0,05), seguido por uma queda para 0,02 em 2023. O Porto de Vila do Conde (Barcarena) mostrou variações leves, com um aumento de 0,01 em 2019 para 0,02 em 2020, uma queda para 0,01 em 2021, e uma recuperação para 0,02 em 2022 e 2023.

A Tabela 11 apresenta uma análise estatística descritiva do inverso do tempo médio atracado dos portos federais brasileiros, cobrindo os anos de 2019 a 2023. Essa análise inclui média, mediana, valores mínimos e máximos, amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 11*Estatística descritiva do Inverso do tempo médio atracado (horas)*

Estatística	Inverso do tempo médio atracado				
	2019	2020	2021	2022	2023
Média	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
Mediana	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Mínimo	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Máximo	0,14	0,13	0,13	0,13	0,11
Amplitude	0,14	0,13	0,12	0,12	0,10
Desvio Padrão	0,032	0,031	0,029	0,029	0,025
Coefficiente de Variação	1,017	0,885	1,006	0,964	0,869

A média do inverso do tempo médio atracado manteve-se relativamente constante ao longo do período, com valores de 0,03 em 2019, 0,04 em 2020, e retornando para 0,03 de 2021 a 2023. Isso indica uma pequena variação na eficiência média dos portos, com um pequeno aumento em 2020.

A mediana dos valores permaneceu estável em 0,02 durante todo o período analisado, sugerindo que a distribuição dos dados não mudou significativamente ao longo dos anos.

Os valores mínimos do inverso do tempo médio atracado foram constantes em 0,01 de 2019 a 2023, indicando que alguns portos mantiveram uma baixa eficiência ao longo dos anos. Os valores máximos apresentaram uma leve diminuição de 0,14 em 2019 para 0,11 em 2023.

A amplitude, que representa a diferença entre os valores máximos e mínimos, diminuiu de 0,14 em 2019 para 0,10 em 2023, sugerindo uma redução na variabilidade da eficiência portuária ao longo do período.

O desvio padrão, uma medida de dispersão dos dados, apresentou uma ligeira diminuição de 0,032 em 2019 para 0,025 em 2023. Isso indica uma menor variação na eficiência entre os portos nos anos mais recentes.

O coeficiente de variação, que relaciona o desvio padrão à média, diminuiu de 1,017 em 2019 para 0,869 em 2023. Esse decréscimo aponta para uma maior homogeneidade na eficiência dos portos ao longo dos anos, com uma variabilidade relativa menor em relação à média.

4.2 Análise de Eficiência

A Tabela 12 apresenta os resultados da eficiência dos portos federais brasileiros utilizando o modelo BCC de Análise Envoltória de Dados (DEA) para o período de 2019 a 2023. A eficiência de cada porto foi avaliada anualmente.

Os resultados de análise de eficiência são apresentados na Tabela 12. Pode-se observar que foram considerados eficientes os portos: Porto de Angra dos Reis, Porto de Belém, Porto de Ilhéus, Porto de Itaguaí, Porto de Niterói, Porto de Santos e o Terminal Salineiro de Areia Branca. Esses mesmos portos foram considerados eficientes em cada um dos anos do período analisado.

Tabela 12
Resultado dos cálculos de eficiência

DMU	Eficiência anual					Eficiência Média
	2019	2020	2021	2022	2023	
Porto de Angra dos Reis	1	1	1	1	1	1
Porto de Aratu - Candeias	0.3872	0.3680	0.4273	0.3942	0.4037	0.3956
Porto de Belém	1	1	1	1	1	1
Porto de Fortaleza	0.2489	0.2720	0.2666	0.2583	0.2674	0.2625
Porto de Ilhéus	1	1	1	1	1	1
Porto de Itaguaí	1	1	1	1	1	1
Porto de Maceió	0.2709	0.2351	0.2577	0.2343	0.2912	0.2569
Porto de Natal	0.1667	0.1705	0.2571	0.2226	0.2305	0.2064
Porto de Niterói	1	1	1	1	1	1
Porto de Salvador	0.4547	0.4759	0.5115	0.4522	0.6312	0.5011
Porto de Santarém	0.8784	0.9669	0.6642	0.8027	0.8986	0.8354
Porto de Santos	1	1	1	1	1	1
Porto de Vila do Conde (Barcarena)	0.3470	0.3727	0.3580	0.3998	0.3825	0.3715
Porto do Rio de Janeiro	0.2866	0.3138	0.3069	0.3211	0.3899	0.3219
Terminal Salineiro de Areia Branca	1	1	1	1	1	1
Média anual	0.5613	0.5697	0.5799	0.5748	0.6107	0.5790

Durante os anos do período analisado apresentaram melhorias notáveis na eficiência o Porto de Salvador e o Porto de Santarém. O Porto de Salvador teve um aumento de 0,4547 em 2019 para 0,6312 em 2023 e o Porto de Santarém teve aumento, com o seu máximo atingido em 2020, porém ano seguinte (2021) teve uma redução considerável, caindo para 0,6642.

A média anual de eficiência de todos os portos mostrou uma melhoria gradual, com um aumento de 0,5613 em 2019 para 0,6107 em 2023, sugerindo uma tendência geral de aumento de eficiência nas operações portuárias ao longo do período estudado.

Com as informações da Tabela 12, podemos observar que os portos com menor índice de eficiência calculado foram os portos de: Fortaleza (0,2625), de Maceió (0,2569) e de Natal (0,2064).

Na Tabela 13 apresentam-se os dados de infraestrutura portuária, utilizados como *input*, e os dados de resultado operacional, utilizados como *output*, dos portos que obtiveram o indicador de eficiência máxima (igual à 1). Além disso foi adicionado uma variável extra, sendo o inverso do tempo para atracação.

Tabela 13
Comparação dos portos eficientes

DMU	Estado	Infraestrutura (<i>Inputs</i>)			Resultados Operacionais (<i>outputs</i>)		Variável Extra
		Extensão	Berços	Profundidade	Carga Bruta (média)	Inverso do Tempo Atracado (média)	Inverso do Tempo Para Atracação (média)
Porto de Angra dos Reis		400	2	10	13,92	0,03	0,30
Porto de Belém		1.295	6	7	3.150,86	0,04	1,28
Porto de Ilhéus		432	2	9,8	373,13	0,01	0,40
Porto de Itaguaí		2.200	8	18,1	49.509,59	0,02	0,01
Porto de Niterói		430	3	7,5	48,05	0,02	0,04
Porto de Santos		16.000	60	14,5	119.192,56	0,02	0,01
Terminal Salineiro de Areia Branca		166	1	18	4.066,85	0,13	0,14
Média		2.989	11,71	12,13	25.193,57	0,04	0,31

Observa-se que os portos considerados eficientes mostram uma grande diversidade em termos de extensão, número de berços, profundidade, e resultados operacionais (carga bruta,

inverso do tempo atracado, inverso do tempo para atracação). Os portos eficientes não compartilham uma característica de infraestrutura específica. Tanto os portos com grande movimentação de carga (como Santos) quanto aqueles com baixa movimentação (como Angra dos Reis) podem ser eficientes.

Vale ressaltar que o Porto de Angra dos Reis, Porto de Niterói e Porto de Ilhéus, não tiveram atracções durante alguns meses do ano, sendo o Porto de Angra dos Reis o que mais teve ausência de atracções, chegando a ter somente um mês no ano de 2019 com atracções.

O Porto de Santos também foi considerado eficiente no estudo feito por Almeida e Paulinelli (2019), corroborando que esse porto tem alta eficiência.

Na Tabela 14 apresentam-se os dados de infraestrutura portuária, utilizados como *input*, e os dados de resultado operacional, utilizados como *output*, dos portos que obtiveram o indicador de eficiência abaixo de 0,3.

Tabela 14

Comparação dos portos com eficiência baixa

DMU	Estado	Infraestrutura (<i>Inputs</i>)			Resultados Operacional (<i>outputs</i>)		Variável Extra
		Extensão	Berços	Profundidade	Carga Bruta (média)	Inverso do Tempo Atracado (média)	Inverso do Tempo Para Atracção (média)
Porto de Fortaleza	CE	1.554	8	14	4.576,92	0,02	0,02
Porto de Maceió	AL	1407	7	11	2.121,34	0,01	0,04
Porto de Natal	RN	600	3	11,50	629,83	0,01	0,58
Média		1.187	6	12,17	2.442,7	0,01	0,21

Os portos com baixa eficiência compartilham características de menor infraestrutura, menor número de berços e menor profundidade, que podem limitar suas capacidades operacionais. Além disso, os portos apresentam um maior tempo médio de atracção e para atracção (com exceção do Porto de Natal) indicando ineficiências nos processos portuários.

A comparação entre a Tabela 13 e a Tabela 14 evidencia que os portos mais eficientes, como Santos, Itaguaí e Belém, possuem uma infraestrutura mais robusta, com maior extensão de cais, mais berços e capacidades de movimentação de carga significativamente maiores. Além disso, esses portos têm tempos de atracção mais curtos e uma gestão mais eficiente do tempo para atracção.

Por outro lado, os portos menos eficientes, como Fortaleza, Maceió e Natal, apresentam infraestrutura mais limitada e menor capacidade de movimentação de carga. Os tempos de atracção mais longos e os maiores tempos para atracção indicam desafios operacionais que contribuem para a menor eficiência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência operacional dos portos federais brasileiros durante o período de 2019 a 2023 por meio da Análise Envoltória de Dados, utilizando para isso o modelo BCC e análise estatística descritiva como complemento. Para a análise foram utilizadas cinco variáveis, sendo três *inputs* (extensão do cais, quantidade de berços e profundidade) e dois *outputs* (carga bruta movimentada e o tempo de atracação).

A estatística descritiva apresentou uma visão abrangente sobre os dados dos portos federais, permitindo identificar que os portos possuem grande variabilidade em sua infraestrutura e resultado operacional, com exceção da profundidade, a qual teve o menor coeficiente de variação dentre eles. Além disso, a carga bruta movimentada foi a variável com maior coeficiente de variação. Vale ressaltar que o Porto de Santos é o porto que mais se destacou, além de possuir a infraestrutura mais robusta e movimentar cerca de 50% do total de carga movimentada entre os portos federais.

Com base nos resultados obtidos pelo método DEA, podemos observar que dos 15 (quinze) portos avaliados no estudo, 7 (sete) tiveram eficiência máxima (índice igual a 1,00), sendo eles: Porto de Angra dos Reis, Porto de Belém, Porto de Ilhéus, Porto de Itaguaí, Porto de Niterói, Porto de Santos e Terminal Salineiro de Areia Branca. Ademais, três apresentaram baixa eficiência (índice de eficiência menor que 0,30), sendo eles: Porto de Fortaleza, Porto de Maceió e Porto de Natal.

Para pesquisas futuras, sugere-se que sejam analisados dados de horizonte temporal mais extenso, a fim de verificar o comportamento da eficiência dos portos em um período maior, incluir outras variáveis relevantes, como a eficiência financeira dos portos, custo de movimentação de cargas e impacto ambiental, ampliando o entendimento sobre os fatores que influenciam a *performance* portuária no Brasil.

Em relação à limitação de pesquisa, encontrou-se grande dificuldade em obter os dados referente aos portos, pois as plataformas para coleta não são intuitivas e há necessidade de garimpar as informações em diferentes fontes.

REFERÊNCIAS¹

- Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). (2024). Estatístico Aquaviário. Disponível em: <<https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/movport.html#pt>>. Acesso em: maio/2024.
- Banker, R. D.; Charnes, A.; Cooper, W. W. *Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis*. Management Science, Providence, R. I., etc., Institute of Management Sciences, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, Sept 1984.
- Barbosa, F. C., & Fuchigami, H. Y. (2018). *Análise Envoltória de Dados: teoria e prática*. 1ª ed. Ulbra.
- Barros, G. O., & Almeida, E. S. (2019). *Mensuração da eficiência portuária na região norte aplicando a análise envoltória dos dados (DEA)*. *Exacta*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 105-118. abr./jun. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v17n2.8004>>
- Boueri, R.; Rocha, F., & Rodopoulos, F. (org.). *Avaliação da Qualidade do Gasto Público e Mensuração da Eficiência*. Brasília: Ministério da Fazenda, Secretaria do Tesouro Nacional, 2015.
- Christo, M. P. F. (2022). *Eficiência dos Portos Públicos Brasileiros: Uma Análise Regional Considerando a Complexidade das Operações Portuárias*.
- Collyer, W. O. (2008) *Lei dos Portos: o Conselho de Autoridade Portuária e a Busca da Eficiência*. 1ª. ed. São Paulo: Lex Editora. v. 1.
- Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Recuperado 28 de junho de 2024, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm
- Ferreira, B. H. A. (2021). *Eficiência Técnica. Uma aplicação à análise envoltória de dados aos terminais portuários brasileiros no ano de 2019*.
- Ferreira, E. L. G. A.; & Paulinelli, R. B. (2019). *Análise da eficiência portuária brasileira: um estudo utilizando a metodologia da análise envoltória de dados (DEA)*. 56 f. TCC (Graduação) - Curso

¹ As referências foram feitas em APA

de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Giacomello, C. P.; & Oliveira, R. L. (2014). *Análise Envoltória De Dados (DEA): Uma Proposta Para Avaliação De Desempenho De Unidades Acadêmicas De Uma Universidade*. Revista GUAL, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 130-151, maio 2014.

Gov.Br. Recuperado 28 de junho de 2024, de <https://aquarela.antaq.gov.br/single/?appid=91264dbec2da-4b58-b0c2-45719e31a891&sheet=c946db22-d97b-49e2-8324-935fb0aedfbc&theme=horizon&opt=cursel%2Cctxmenu>

Jucá, P. R. (2021). *Regulação do Setor Portuário*. Almedina.

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 nºs 5.025, de 10 de junho de 1966, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.683, de 28 de maio de 2003, 9.719, de 27 de novembro de 1998, e 8.213, de 24 de julho de 1991; revoga as Leis nºs 8.630, 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. Recuperado 28 de junho de 2024, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/112815.htm

Lourenço, A. P., Ferreira, D. H. L., & Sugahara, C. R. (2020). *Uma análise da eficiência de portos europeus por meio da ferramenta análise envoltória de dados*. *Revista Produção Online*, 20(4), 1260–1278. https://doi.org/10.14488/1676-190c_vf1.v20i4.4085

Mello, G. A. de; & Silva, W. X. P. da. *Análise da infraestrutura portuária brasileira: um estudo utilizando a metodologia de análise envoltória de dados (DEA)*. 2019. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

- Mello, J. C. C. B. S. de; Meza, L. A.; Gomes, L. G.; Neto, L. B. (2005). Curso de Análise de Envoltória de Dados. XXXVII Simpósio Brasileiro De Pesquisa Operacional: Pesquisa Operacional e o Desenvolvimento Sustentável, Gramado, n., p.2520-2547, set. 2005.
- Nova, S. P. C. C., Santos, A. dos. *Aplicação Da Análise Por Envoltória De Dados Utilizando Variáveis Contábeis*. *Revista de Contabilidade e Organizações*. São Paulo, v. 3, n. 2, p. 132 – 154, mai/ago. 2008.
- Painel CNT do Transporte - Aquaviário. (sem data). CNT. Obtido 30 de junho de 2024, de <https://www.cnt.org.br/painel-cnt-transporte-aquaviario>
- Santos, E. M., Sphaier, S. H., Calixto, M. & Cajaty, M. (2022). *Planejamento Portuário Recomendações para Acessos Náuticos*. Praticagem do Brasil.
- Silva Tiscoski, J. (2016). *Análise Da Eficiência Operacional Portuária, Por Meio Da Análise Envoltória De Dados: Um Estudo De Caso Dos Complexos Portuários Públicos Movimentadores De Granéis Sólidos Agrícolas*. Repositório Institucional da UFSC.
- Sousa, J. N. C., Jr., Nobre, E. F., Jr. & Prata, B. A. (2008). *Análise da eficiência dos portos da região Nordeste do Brasil baseada em análise de envoltória de dados*. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*, Niterói, v. 3, n. 2, p. 74-91, mai/ago.
- Tovar, A. C. A., & Ferreira, G. C. M. (2006). *A infraestrutura portuária brasileira: o modelo atual e perspectivas para seu desenvolvimento sustentado*. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v.13, n.25, p. [209]-230, jun.

APÊNDICE

Tabela 15*Dados utilizados na pesquisa*

Porto	Estado	Extensão	Berços	Profundidade	Ano	CB	TPA	TA
Porto de Santos	SP	16.000	60	14,50	2019	106,211,152.62	0.02	0.02
					2020	114,353,735.00	0.01	0.02
					2021	113,279,536.97	0.02	0.02
					2022	126,216,636.58	0.01	0.02
					2023	135,901,716.77	0.01	0.02
Porto de Angra dos Reis	RJ	400	2	10,00	2019	1,239.66	0.63	0.01
					2020	514.00	0.40	0.07
					2021	18,922.28	0.23	0.01
					2022	28,200.73	0.14	0.02
					2023	20,715.79	0.08	0.03
Porto de Itaguaí	RJ	2.200	8	18,10	2019	43,186,416.15	0.02	0.02
					2020	46,241,794.00	0.01	0.02
					2021	51,723,244.07	0.01	0.02
					2022	50,619,463.36	0.01	0.02
					2023	55,777,024.89	0.01	0.02
Porto do Rio de Janeiro	RJ	6.700	31	15,00	2019	7,476,909.15	0.06	0.03
					2020	8,502,698.00	0.07	0.03
					2021	10,540,467.88	0.05	0.03
					2022	11,286,266.44	0.06	0.03
					2023	11,062,330.97	0.05	0.03
Porto de Niterói	RJ	430	3	7,50	2019	12,552.92	0.05	0.04
					2020	42,867.00	0.04	0.02
					2021	76,419.70	0.03	0.01
					2022	66,439.56	0.04	0.02
					2023	41,968.37	0.02	0.02
Porto de Ilhéus	BA	432	2	9,80	2019	147,411.30	0.09	0.01
					2020	322,095.00	0.18	0.01
					2021	464,591.07	0.20	0.01
					2022	403,900.17	0.76	0.01
					2023	527,675.06	0.75	0.01
Porto de Aratu - Candeias	BA	1426	6	12,00	2019	6,368,989.92	0.01	0.02
					2020	6,108,057.00	0.01	0.02
					2021	7,365,247.75	0.01	0.02
					2022	6,993,404.80	0.01	0.02
					2023	6,684,832.32	0.02	0.02
Porto de Salvador	BA	2.092	10	13,90	2019	5,100,834.55	0.32	0.05
					2020	5,173,804.00	0.23	0.05
					2021	5,582,340.21	0.22	0.05
					2022	4,936,568.14	0.16	0.04
					2023	4,677,083.72	0.18	0.05
Porto de Maceió	AL	1.407	7	11,00	2019	1,625,006.64	0.07	0.02
					2020	1,846,572.00	0.03	0.02
					2021	2,143,653.61	0.04	0.02
					2022	2,350,206.62	0.03	0.01
					2023	2,641,263.81	0.02	0.01
Terminal Salineiro de Areia Branca	RN	166	1	18,00	2019	4,458,203.00	0.12	0.14
					2020	3,652,929.00	0.12	0.13
					2021	4,053,631.40	0.10	0.13
					2022	4,354,059.70	0.14	0.13
					2023	3,815,447.63	0.20	0.11
Porto de Natal	RN	600	3	11,50	2019	732,542.48	0.32	0.01

					2020	696,895.00	0.36	0.01
					2021	614,638.85	1.11	0.02
					2022	660,284.96	0.59	0.02
					2023	444,781.69	0.53	0.01
					2019	4,392,403.34	0.02	0.02
					2020	4,944,786.00	0.03	0.02
Porto de Fortaleza	CE	1.554	8	14,00	2021	4,873,978.79	0.02	0.02
					2022	4,254,796.51	0.03	0.02
					2023	4,418,627.13	0.02	0.02
					2019	12,622,037.64	26,03	0.04
					2020	14,427,000.00	25,85	0.05
Porto de Santarém	PA	830	4	15,00	2021	10,542,367.33	29,59	0.05
					2022	13,234,914.38	21,33	0.05
					2023	15,944,968.20	0,05	0.05
					2019	2,701,131.87	2.00	0.04
					2020	3,058,210.00	1.25	0.05
Porto de Belém	PA	1.295	6	7,00	2021	3,197,587.87	1.67	0.03
					2022	3,072,409.31	1.43	0.04
					2023	3,724,970.96	0.03	0.02
					2019	13,787,309.07	0.04	0.01
					2020	15,330,957.00	0.04	0.02
Porto de Vila do Conde (Barcarena)	PA	2400	10	20,00	2021	16,434,034.09	0.03	0.01
					2022	17,893,545.48	0.02	0.02
					2023	16,788,471.93	0.01	0.02

