



ANÁLISE DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL EM PORTOS BRASILEIROS¹

ANALYSIS OF OPERATIONAL EFFICIENCY IN BRAZILIAN HARBOUR

Bruno Domingues Pinto | bruno.domingues@fatec.sp.gov.br | FATEC SJC

Larissa Roque Aleixo Clemente | jl Larissa.clemente@fatec.sp.gov.br | FATEC SJC

Pâmela Gomes de Oliveira | pamela.oliveira25@fatec.sp.gov.br | FATEC SJC

Pedro Vinicius Souza Lobato | pedro.lobato@fatec.sp.gov.br | FATEC SJC

Sandy Januário da Mata | sandy.mata@fatec.sp.gov.br | FATEC SJC

Marcus Vinicius Do Nascimento | nascimento.mv@fatec.sp.gov.br | FATEC SJC

RESUMO

O presente estudo analisa a eficiência operacional dos principais portos brasileiros utilizando a Análise por Envoltória de Dados (DEA). Com o uso de tecnologias como Python e Power BI, foi criado um ranking de portos com base na infraestrutura e nas cargas movimentadas ao longo de um ano. A pesquisa destaca a importância da eficiência portuária na competitividade econômica do país, ressaltando como gargalos operacionais podem impactar o custo final dos produtos exportados. Por meio da integração de ferramentas tecnológicas, o estudo fornece uma avaliação robusta do cenário portuário nacional.

Palavras-chaves: Portos. Python. Eficiência.

ABSTRACT

This study analyzes the operational efficiency of the main Brazilian ports using Data Envelopment Analysis (DEA). By employing technologies such as Python and Power BI, a ranking of ports based on infrastructure and cargo handling over a year was created. The research highlights the importance of port efficiency in a country's economic competitiveness, emphasizing how operational bottlenecks can affect the final cost of exported products. Through the integration of technological tools, the study offers a robust evaluation of the national port scenario.

Keywords: Ports. Python. Efficiency.

¹ Artigo apresentado no Congresso Cimatech da Fatec de São José dos Campos, 2024

1. INTRODUÇÃO

O cenário portuário brasileiro é um campo dinâmico que enfrenta desafios e oportunidades. Conforme destaca Falcão e Correia (2012), o Brasil, com sua extensa linha costeira, abriga portos que desempenham um papel crucial no transporte internacional de cargas. Ainda para Falcão e Correia (2012), os portos desempenham um importante papel na cadeia logística e sua eficiência influencia a competitividade de um país. O “Custo Brasil”, que engloba diversos fatores desfavoráveis que encarecem investimentos, também afeta diretamente a competitividade e a eficiência da indústria nacional e a produtividade das infraestruturas de transporte.

Quando os portos operam com alta eficiência, as tarifas de exportação são reduzidas, o que, por sua vez, favorece a competitividade dos produtos nacionais nos mercados internacionais (Wilmsmeier and Hoffmann, 2008). Para manter uma posição competitiva global, os países precisam trabalhar nos fatores em diferentes níveis (Moura *et al.*, 2024) que afetam a eficiência de seus portos.

González-Laxe *et al* (2023) indicam que as oportunidades no cenário portuário estão intrinsecamente ligadas à integração dos portos nas cadeias globais de suprimentos. Os autores destacam a relevância do aprimoramento da logística portuária para aumentar a competitividade internacional de municípios que possuem portos, gerando, conseqüentemente, novas oportunidades para empresas de logística e transporte que fornecem serviços especializados.

Diante do apresentado, percebe-se que é essencial medir o desempenho e a produtividade das infraestruturas portuárias. Pires (2016) define que a produtividade de uma infraestrutura portuária pode ser medida pela razão entre a produção observada e a produção máxima ou então pela razão entre quantidade mínima necessária para a produção e a quantidade efetivamente utilizada. Essa definição é fundamental para o entendimento da aplicação da modelagem proposta nesse projeto.

Os objetivos definidos para este projeto compreendem:

- Realizar uma coleta de dados operacionais dos principais Portos Brasileiros, criando um visualizador de dados e integrando bases distintas disponíveis no portal da ANTAQ (Agência Nacional de Transporte Aquaviário);
- Realizar uma análise comparativa entre os 10 principais portos brasileiros em movimentação de Soja com base na avaliação de produtividade.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

Para a análise dos dados presentes neste trabalho, foi utilizada a Análise de Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA), uma técnica não paramétrica usada para avaliar a eficiência relativa de unidades produtivas. Ela foi desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978 e baseia-se em programação matemática.

O método DEA compara unidades produtivas ou DMUs, *Decision Making Units*, grupo de indivíduos dentro de uma organização que participam coletivamente do processo de tomada de decisão, que realizam tarefas semelhantes (Nepomuceno *et al.*, 2023).

O objetivo da ferramenta é determinar quão eficientes essas unidades são em transformar *inputs* em *outputs*. Uma unidade é considerada eficiente se não for possível melhorar a produção de um *output* sem aumentar os inputs ou reduzir os outputs sem diminuir os inputs (Pires, 2016).

As DMUs consomem *inputs* (como recursos, infraestrutura e mão de obra) para produzir *outputs* (como movimentação de cargas, serviços prestados etc.), desta forma a DEA cria uma “fronteira de eficiência” que representa o limite máximo de produção para cada DMU e as unidades que estão na fronteira são consideradas eficientes, enquanto as que estão abaixo dela são ineficientes. A medida de eficiência é obtida pela razão da soma ponderada dos outputs pelos inputs. Essa razão é chamada de “pontuação de eficiência”. Uma pontuação de eficiência igual a 1 indica eficiência máxima, enquanto valores menores indicam ineficiência. Em resumo, a DEA considera múltiplos critérios (*inputs* e *outputs*) simultaneamente, tornando-a adequada para situações complexas do mundo real, sendo uma ferramenta poderosa para avaliar a eficiência de unidades produtivas e auxiliar na tomada de decisões.

O método DEA é amplamente utilizado na análise de eficiência no setor de transportes (Nascimento *et al.* 2024). A Tabela 1 apresenta um resumo de aplicações da ferramenta no contexto portuário. A tabela lista trabalhos recentes que foram publicados e auxiliam no entendimento de variáveis a serem utilizadas na construção do modelo.

Tabela 1 | Aplicação da Ferramenta DEA para Avaliação de Eficiência na Área Portuária

Autores	Localização	Métodos Específicos de PO	Situação Analisada	Principais Achados
Fontes <i>et al</i> , 2006	Rio de Janeiro, Brasil	DEA BCC - Análise Envoltória de dados (Banker, Charnes e Cooper).	Análise de eficiência portuária de 31 portos brasileiros, dos anos de 2002 a 2004. Como input foi utilizado a extensão total de cais aportável (m) e como outputs foram consideradas a movimentação total de embarcações no período estudado e a movimentação total decarga transportada em toneladas dentro e fora do cais.	<ul style="list-style-type: none"> • Ranking de eficiência com os 6 principais Portos, são respectivamente: Santos, Tubarão, Itaqui, Rio Grande, Rio de Janeiro e Sepetiba. • Ao longo dos três anos analisados, cinco dos seis principais Portos obtiveram aumento em sua eficiência, sendo o Porto do Rio de Janeiro a exceção. • Os motivos pela queda da eficiência do porto do Rio de Janeiro pode se dar devido ao superdimensionamento para a sua capacidade de produção. • Ao longo dos anos, o volume de carga movimentada pelo porto do Rio foi diminuindo. Em 1986, foram movimentadas 23.850.688 toneladas, enquanto em 2003 esse número caiu para 14.535.665 toneladas, representando uma redução de cerca de 40%. • O trabalho utiliza o Software SIAD para a simulação do modelo DEA. • Espera-se encontrar um indicador que ajude a medir se a eficiência desses portos aumentou ou diminuiu ao longo do tempo.
Júnior <i>et al</i> , 2008	Fortaleza, Brasil	Utilizado o DEA para avaliar a eficiência dos portos do Nordeste do Brasil, usando comprimento dos berços e calado admissível como inputs e movimentação como output.	A Análise de Envoltória de Dados (DEA) foi aplicada para avaliar a eficiência de 22 portos do Nordeste, considerando dois inputs principais: o comprimento dos berços e o calado admissível, e um output de movimentação de carga (em toneladas ou número de contêineres).	<ul style="list-style-type: none"> • O modelo DEA identificou o Porto de Salvador como eficiente para operações com contêineres. • Entre os nove portos que operam carga geral, três foram considerados eficientes: Salvador, Maceió e Recife. • Para granéis sólidos, o Terminal de Ponta da Madeira (MA) apresentou 100% de eficiência, enquanto os outros portos ficaram abaixo desse nível. • Em operações com granéis líquidos, os portos de Aratu e Itaqui foram considerados eficientes. • O modelo proposto pode apoiar a administração portuária e órgãos nacionais de planejamento, fornecendo um índice de uso da infraestrutura dos portos. A análise se limita à infraestrutura dos portos, sem considerar variáveis operacionais ou de gestão.

Acosta
et al,
2011

Rio
Grande,
Brasil

A ferramenta DEA foi empregada para comparar a eficiência operacional dos portos brasileiros, possibilitando uma avaliação objetiva que não requer pressupostos rígidos sobre a relação entre as variáveis.

A análise focou na eficiência dos portos brasileiros, examinando como os recursos disponíveis, como infraestrutura e capacidade de movimentação, estavam sendo utilizados e onde havia subaproveitamento.

- A análise DEA identificou na eficiência entre os portos, destacando aqueles com boa performance e outros que poderiam melhorar.
- Portos com eficiência menor poderiam ajustar a utilização de seus recursos para atingir melhores resultados.
- O estudo propôs melhorias operacionais baseadas nas melhores práticas observadas em portos mais eficientes.
- Investimentos e planejamento estratégico seriam essenciais para otimizar a performance dos portos brasileiros, maximizando o uso da infraestrutura disponível.

Fávero,
2019

São
Paulo,
Brasil

DEA foi selecionada como a ferramenta para avaliar o desempenho dos terminais de contêineres nos portos secos brasileiros.

Avaliação da
Eficiência dos Portos
Secos Brasileiros

- Destaca-se a viabilidade e utilidade do modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliar a eficiência dos portos secos brasileiros. Os autores optaram pelo modelo BCC com orientação ao output, utilizando dados da ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários).
- Propõe a aplicação do modelo BCC orientado a outputs para identificar melhorias necessárias nos terminais ineficientes, visando incrementar o nível operacional.
- A pesquisa enfatiza a importância dos portos secos na logística de importação e exportação. Propõe análise de custos e ajustes nos recursos para aumentar a eficiência operacional do terminal.
- O artigo menciona estudos prévios sobre a eficiência portuária em diferentes regiões, como Europa e China, que identificaram ineficiências e propuseram investimentos para maximizar a movimentação de contêineres.
- O estudo identifica limitações e sugere pesquisas futuras, como comparação de eficiências entre terminais de contêineres na zona primária e portos secos, mensuração do impacto do porto seco no terminal marítimo e análise de custos logísticos de importação/exportação no porto seco.

Paiva <i>et al</i> , 2019	Rio de Janeiro, Brasil	Uso da ferramenta DEA, para otimizar a eficiência dos resultados	Análise Eficiência Operacional e Ges-tão Ambiental em Portos públicos Brasileiros voltados para a Exportação de Soja	<ul style="list-style-type: none"> • Este estudo investigou a eficiência ambiental de sete portos brasileiros dedicados à exportação de soja, empregando o modelo DEA (Análise por Envoltória de Dados). • A análise DEA destacou que os portos menos eficientes podem se beneficiar da identificação de suas deficiências, utilizando as práticas de gestão das unidades eficientes como modelo para melhorias. • O estudo avaliou a eficiência ambiental de sete portos brasileiros que movimentam soja, utilizando o modelo DEA (Análise por Envoltória de Dados). • A análise ambiental comparada às operacionais revelou divergências significativas entre a eficiência ambiental e operacional na maioria dos portos, atribuíveis a discrepâncias nos dados. • Sugere-se a criação de índices para medir e avaliar os portos de forma regular, fornecendo direcionamentos sobre onde concentrar esforços para aprimorar a eficiência ambiental.
---------------------------------	------------------------------	--	--	--

Fonte: Elaborado pelo Autores (2024).

Por fim, destaca-se que os trabalhos de Pires (2016), Ferreira *et. al* (2015) e Correia e Falcão (2012) permitem identificar um conjunto de variáveis como ponto de partida para a construção da análise de produtividade do sistema portuário. Em função de sua presença nos diversos estudos, destacam-se as seguintes variáveis:

Inputs:

- Calado médio;
- Quantidade de berços de atracação;
- Área dos terminais portuários;
- Quantidade de equipamentos para movimentação.

Outputs:

- Total de carga movimentada;
- Quantidade de navios movimentados.

2.1. O PAPEL DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO NA ANÁLISE DE DADOS PORTUÁRIOS

Os dados utilizados no desenvolvimento desse artigo foram extraídos da base de dados da ANTAQ e descrevem a movimentação de carga, em toneladas, nos principais complexos portuários brasileiros. Um complexo portuário é definido como um conjunto de portos e instalações onde ocorre a movimentação de carga (Plano Mestre, 2019). Nesta pesquisa, serão analisadas as movimentações das principais instalações portuárias da costa brasileira.

Em função do volume de linhas das bases de dados da ANTAQ, mais de 3 milhões de linhas, a tecnologia da informação exerce um papel fundamental para agilizar o processo de tratamento e análise desses dados. Dentre as principais tecnologias utilizadas destacam-se a linguagem Python e o Power BI (Teixeira, 2003 *apud* Gallego *et al*, 2023). No caso da ANTAQ, os dados são extraídos no formato .txt segmentados ano a ano. A linguagem Python permite agrupar os arquivos anuais e criar um arquivo com a agregação das bases segmentadas. A partir daí as informações podem ser tratadas no formato .csv e importadas para o Power BI, onde são criados *Dashboards* para análise dos dados.

O motivo da seleção dessas ferramentas para analisar os dados se dá pela facilidade da linguagem de programação, além da sua versatilidade, visto que podem ser empregadas em vários propósitos diferentes. McKinney (2012), por exemplo, sugere que a linguagem Python é considerada uma linguagem de script por conta da rapidez para escrever pequenos programas que automatizam tarefas. Já a utilidade do Power BI neste projeto consiste em facilitar a visualização dos dados e possibilitar uma análise dinâmica e intuitiva. O Power BI é uma ferramenta útil para criação de *Dashboards* interativos. Stephen Few e Edge (2007) caracterizam *Dashboard* como “um painel de exibição visual das informações mais importantes e necessárias para atingir um ou mais objetivos; consolidados e organizados em uma única tela para que as informações possam ser monitoradas rapidamente”.

A linguagem Python é uma ferramenta versátil e capaz de produzir uma ampla gama de resultados devido às suas diversas funcionalidades. Bibliotecas como Pandas, NumPy e Matplotlib são amplamente utilizadas para manipulação de dados, cálculos numéricos e visualização de dados, respectivamente McKinney (2012) e VanderPlas (2016). Essas bibliotecas, combinadas (De Moura *et al.*, 2023) com a simplicidade e a clareza da linguagem Python, permitem que analistas de dados e tomadores de decisão desenvolvam modelos robustos e visualizações informativas com eficiência e aprendizado.

O Visual Studio Code é um *software* utilizado para a criação e execução dos códigos. O Google Colab é uma plataforma gratuita disponibilizada pela Google, que consiste na utilização de um ambiente interativo em Jupyter notebook, que permite que sejam criados e executados códigos direto pelo navegador, sem a necessidade de instalar qualquer *software*, o que facilita e deixa o processo muito mais prático (Bisong, 2019).

Por fim, o Power BI é uma ferramenta de visualização de dados dinâmica e intuitiva. Extremamente útil para a análise de dados, o Power BI possibilita que as informações sejam organizadas de forma clara e dinâmica, possibilitando a criação de diversos modelos de *Dashboards*, com dados interativos, que agregam muito na análise de dados e na tomada de decisões (Ferrari e Russo, 2016).

3. COLETA E DESCRIÇÃO DOS DADOS UTILIZADOS

3.1. TRATAMENTO DOS DADOS

Como já citado anteriormente, os dados que serão trabalhados neste projeto foram extraídos da base de dados da ANTAQ. As informações foram baixadas em formato .txt, no qual é possível organizá-las, deixando-as de maneira tabular, onde cada linha representa uma informação e cada coluna um campo específico, com dados e informações que façam sentido. Isso facilita a importação e exportação de dados em diferentes sistemas.

Neste capítulo serão descritos como foi feita a importação dos dados e como foram criados e executados os códigos.

3.2. CRIAÇÃO DOS CÓDIGOS

Como citado anteriormente, a ferramenta Google Colab foi uma das selecionadas para a criação e execução dos códigos do Python a serem utilizados para tratamento dos dados em estudo.

O primeiro passo tomado neste momento foi a importação das bibliotecas que serão utilizadas. Para isso, no ambiente do Google Colab, foi utilizado o comando *import*, para realizar a importação das bibliotecas Pandas, NumPy e Os, para isso foi criado o código conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 | Código para importação das bibliotecas

```
# importar biblioteca
import pandas as pd
import numpy as np
import os
```

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

A biblioteca Pandas é uma ferramenta de dados abertos do Python que permite manipular dados complexos de forma simples e intuitiva. O Pandas consegue estruturar os dados de forma flexível e eficiente como *Dataframes* e séries, sendo essencial para manipulação e análise dados.

O NumPy é também uma ferramenta muito útil e eficiente em Python, além de suas diversas funções matemáticas, o NumPy também consegue realizar processamento de imagens e aprendizado de máquinas, tornando-se fundamental para se trabalhar com análise de dados.

E por último, a biblioteca “OS”, que em Python é um módulo que fornece funcionalidades para interagir com o sistema operacional subjacente.

Com ela, é possível realizar diversas operações relacionadas ao sistema de arquivos, manipulação de diretórios, execução de comandos do sistema, controle de processos e muito mais. A biblioteca “OS” facilita a criação de programas Python que interagem de forma eficiente com o ambiente operacional no qual estão sendo executados.

A estrutura dos dados da ANTAQ é dividida em dois arquivos .txt: “Atracacao.txt” e “Cargas.txt”. Os dados do arquivo “Atracacao.txt” apresentam cada navio que operou no sistema portuário nacional. Assim, é possível identificar o tempo de operação do navio, o tempo de espera, em qual berço o navio atracou, entre outros dados gerais de operação.

O arquivo “Cargas.txt”, por sua vez, detalha as cargas que estão presentes nos navios apresentados na base “Atracacao.txt”. Nesse arquivo, é possível identificar qual a carga que está em operação, a quantidade de carga movimentada, o tipo de navegação (se é de longo curso, cabotagem, entre outros).

O código construído consiste em abrir esses arquivos e integrá-los. Toda a construção do código, quanto as suas versões podem ser acessadas diretamente no GitHub, disponível em: [ANTAQ_TG](#).

3.3 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS - DEA

Após tratar os dados com Python, deixando-os de forma mais coesa, foi utilizado o *Software R* para executar o modelo DEA. A Análise Envoltória de Dados tem como seu designo calcular a eficiência das DMUs - *Decision Making Unit*, que nada mais é que as unidades de tomada de decisão, que no contexto desta pesquisa, significa a eficiência dos terminais que estão sendo analisados.

Para calcular a eficiência de cada DMU é necessário inserir dados de entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*). Como input foi utilizado a quantidade de berços disponíveis para operação e como output foram utilizados o total de carga bruta movimentada e a quantidade de atracções realizadas, ou seja, quantas vezes as embarcações utilizaram o terminal.

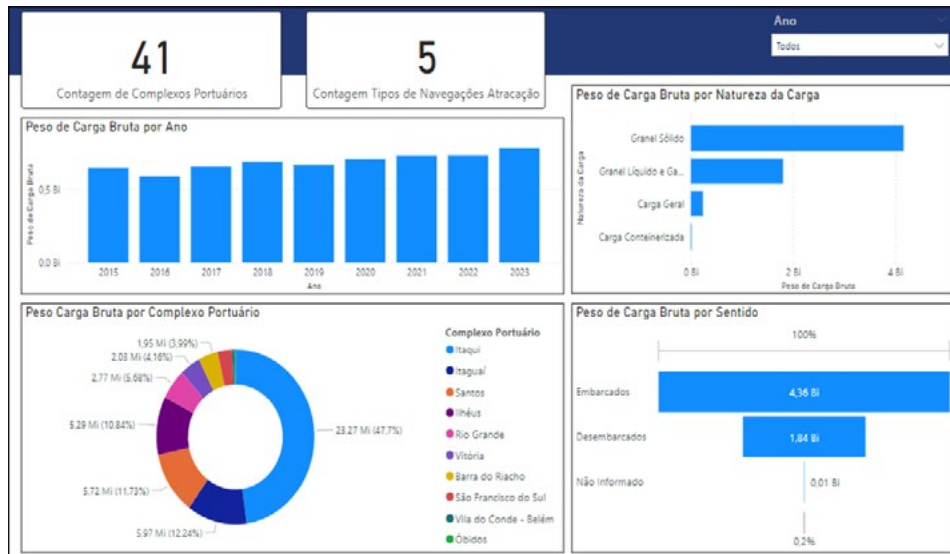
Diante disso, foram geradas as matrizes X e Y, as quais são essenciais para o modelo DEA, pois são elas que contém as variáveis necessárias para o cálculo da eficiência de cada DMU. Por fim, o modelo DEA é executado baseado nas matrizes de input e output. O resultado é armazenado na variável *Results*, que pode ser analisada posteriormente para verificar a eficiência de cada DMU.

3.4. ANÁLISE DOS DADOS NO POWER BI

Após a integração dos dados, foi possível gerar um novo arquivo .txt que apresentasse tanto os dados dos navios quanto os dados das cargas movimentadas. Com a utilização da ferramenta do Power BI, foi possível importar os dados anteriormente tratados e criar *Dashboards* para visualização e análise. No primeiro painel (Figura 2) é ilustrado informações como somatória de peso de carga bruta por ano em cada porto, soma da carga bruta por natureza da carga, soma de carga bruta por complexo portuário e soma de carga bruta por sentido: embarcado e desembarcado.

Neste primeiro momento é possível observar os portos que mais tiveram carga sendo atracadas, sendo o Porto de Itaqui em primeiro lugar, com 23,27mi de toneladas, na sequência o Porto de Itaguaí com 5,97mi de toneladas e em terceiro com 5,72mi o Porto de Santos. A variável de saída utilizada foi o total de movimentação em toneladas.

Figura 2 | Somatória de cargas atracadas



Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

No próximo painel (Figura 3) é possível observar informações importantíssimas para análise de eficiência portuária, como somatório de espera de atracação e desatracação por mês e somatório de tempo de operação por mês.

Com isso é possível analisar os portos que mais tiveram agilidade no processo de atracação, desatracação e operação e os que apresentaram deficiência, com maior tempo de espera e operações nesses processos.

Figura 3 | Tempo de Espera de Atracação, Desatracação e Operação

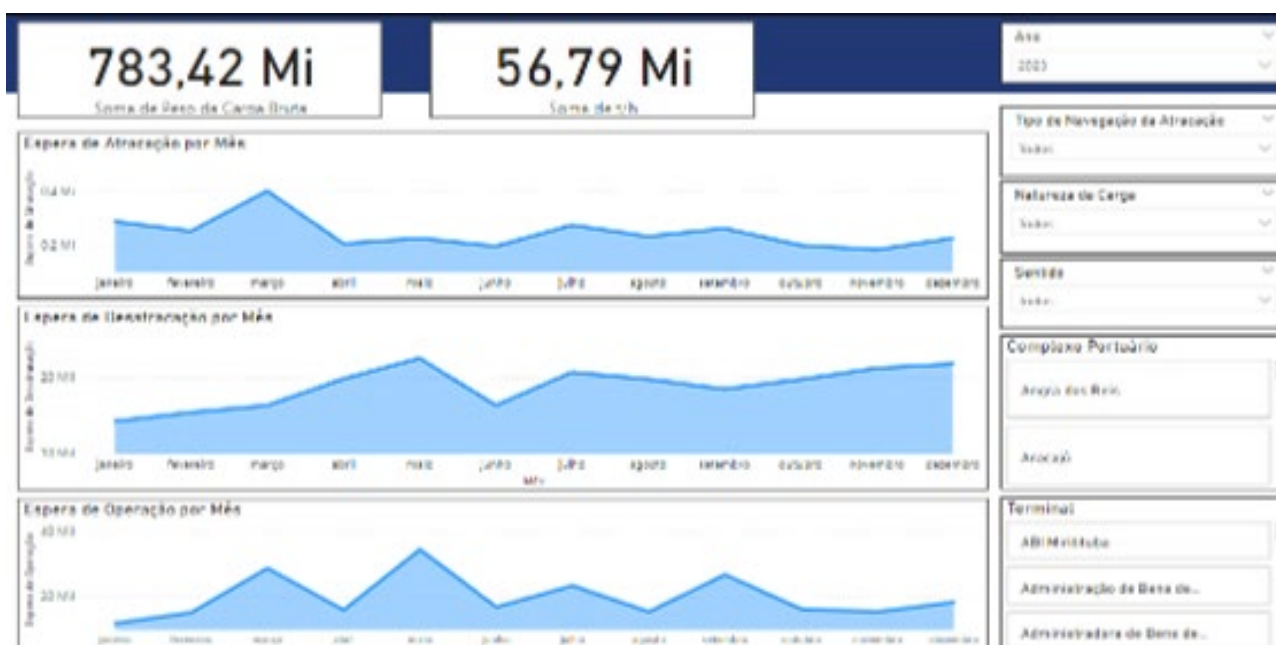


Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Para realizar a análise de eficiência de um porto é utilizada a prancha média como indicador de desempenho. A prancha média é expressa em toneladas por hora e, nada mais é, do que a quantidade de toneladas que são movimentadas no porto dividida pelo total de horas trabalhadas em um determinado período.

Na Figura 4 é ilustrado o terceiro painel do *Dashboard*, onde são apresentados alguns dados como somatório de prancha média por mês, prancha média por porto, por terminal e por sentido. Pode-se notar também alguns gráficos que representam a soma de operação por tipo de navegação e a soma de prancha média por natureza da carga.

Figura 4 | Prancha Média por Complexo Portuário



Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

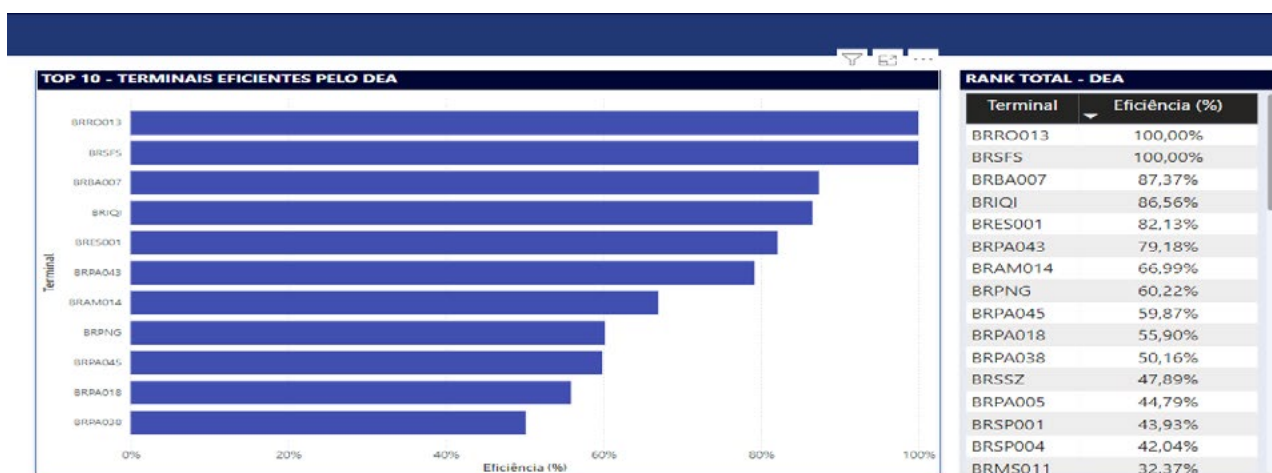
À vista disso é possível perceber que os complexos portuários com maiores pranchas média são respectivamente Porto de Manaus, Porto Velho e Itaquí.

O tipo de carga que compõe a maior parte da somatória de prancha média é granel sólido. Existem alguns fatores que devem ser levados em consideração ao analisar a prancha média, são eles: tipo da carga, eficiência dos equipamentos utilizados nos portos, que podem influenciar significativamente a prancha média, condições operacionais, como condições climáticas, horários de pico e disponibilidade de mão de obra e turnos de trabalho.

A análise de eficiência dos terminais portuários com base na Análise Envoltória de Dados (DEA). O gráfico de barras destaca os 10 terminais mais eficientes, com BRRO013 (Porto de Rondônia, Porto Velho) e BRSFS (Porto de São Francisco do Sul, SC) atingindo 100% de eficiência, indicando que operam no nível ótimo e servem como referência para os demais. Terminais como BRBA007 (Porto de Salvador, BA) com 87,37% e BRIQI (Porto de Itaqui, MA) com 86,56% também se aproximam da eficiência máxima, enquanto outros, como BRAM014 (Porto de Manaus, AM) com 66,99% e BRPNG (Porto de Paranaguá, PR) com 60,22%, mostram quedas significativas.

Na Figura 5 são ilustrados uma Tabela à direita do Gráfico de barras com o *ranking*, revelando que terminais fora do “Top 10” apresentam eficiências menores, como BRPA038 (Porto de Belém, PA) com 50,16% e BRSP004 (Porto de Santos, SP) com 42,04%. No extremo oposto, o terminal BRMS011 (Porto de Corumbá, MS) apresenta apenas 32,37% de eficiência, destacando as disparidades de desempenho.

Figura 5 | Resultado da Análise Envoltória dos Dados



Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

4. RESULTADOS ESPERADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os portos, como citados anteriormente, têm papel crucial na economia de um país, visto que sua eficiência afeta diretamente o custo final de um produto, tornando um país mais ou menos competitivo. Dado isto, é essencial medir a sua eficiência, para que sejam observados os gargalos de suas operações e para que auxilie na tomada de decisões.

O objetivo deste trabalho foi analisar a eficiência operacional dos principais portos brasileiros utilizando a Análise Envoltória de Dados (DEA) e tecnologias como Python e Power BI. Através desse modelo, foi possível identificar os portos mais eficientes e aqueles que enfrentam desafios operacionais, com o intuito de fornecer uma avaliação clara do desempenho do setor portuário.

A análise revelou que terminais como BRRO013 e BRSFS, que atingiram 100% de eficiência, podem servir como referência para os demais. Por outro lado, terminais como BRMS011, com apenas 32,37% de eficiência, demonstram a necessidade de melhorias. Essas disparidades destacam a importância de modernizar a infraestrutura, simplificar processos e adotar tecnologias mais avançadas, uma vez que ineficiências operacionais afetam diretamente o custo das exportações e importações, prejudicando a competitividade do país no mercado global.

O uso de tecnologias como Python e Power BI se mostrou essencial para tratar grandes volumes de dados e criar visualizações dinâmicas que auxiliam na tomada de decisões. Essas ferramentas possibilitam a avaliação dos tempos de espera e de operação, além do acompanhamento da evolução da produtividade portuária ao longo do tempo.

Além disso, o estudo aponta a criação de indicadores regulares de eficiência é fundamental para identificar gargalos e orientar as áreas que mais necessitam de melhorias. Ressalta-se que a capacitação da força de trabalho para lidar com as novas tecnologias de informação será igualmente crucial para a implementação eficaz dessas soluções.

Em conclusão, este trabalho apresenta uma avaliação detalhada da eficiência dos principais terminais brasileiros. Trabalhos futuros podem utilizar dos resultados obtidos para gerar recomendações que visam modernizar o setor, reduzir gargalos operacionais e aumentar a competitividade do Brasil no cenário internacional.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, Cristina Maria Machim; DA SILVA, Ana Maria Volkmer de Azambuja; DE LIMA, Milton Luiz Paiva. Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros. 2011.
- BEZERRA, G. C. L.; GOMES, C. F. The effects of service quality dimensions and passenger characteristics on passenger's overall satisfaction with an airport. *Journal of Air Transport Management*, v. 44-45, p. 77-81, May-June 2015.
- BISONG, E. Google colaboyatory. Building machine learning and deep learning models on google cloud platform: a comprehensive guide for beginners. p. 59-64, 2019.
- CASTILLO-MANZANO, J. I. Determinants of commercial revenues at airports: lessons learned from Spanish regional airports. *Tourism Management*, v. 31, n. 6, p. 788-796, 2010.
- CHUNG, Y.S. Hedonic and utilitarian shopping values in airport shopping behavior. *Journal of Air Transport Management* 49, 28 - 34, 2015.
- DE GÓIS SILVA, L. R. Uso de Dashboards na Análise de Dados: Um Estudo de Caso. 2023.
- DE MOURA, R. A.; OLIVEIRA, M. R.; SILVA, M. B. 2023. Neurociência para leigos: o papel do hipocampo no aprendizado e na memorização consolidada. ODS n. 04. 2023. XII CICTED: Congresso Internacional Ciência, Tecn. e Desenvolvimento. Unitau/SP. DOI:[10.29327/xiicited23.734223](https://doi.org/10.29327/xiicited23.734223)
- DEL CHIAPPA, G.; MARTIN, J. C.; ROMAN, C. Service quality of airports food and beverage retailers. A fuzzy approach. *Journal of air transport management*, v. 53, p. 105-113, 2016.
- FALCÃO, Viviane Adriano; CORREIA, Anderson R. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. *Journal of Transport Literature*, v. 6, p. 133-146, 2012.
- FÁVERO, Patrícia Belfiore. Avaliação de Eficiência dos Portos Secos Brasileiros Utilizando DEA. *Revista Eletrônica Produção & Engenharia*, v. 9, n. 1, p. 696-711, 2019.
- FERRARI, Alberto; RUSSO, Marco. *Introducing Microsoft Power BI*. Microsoft Press, 2016.
- FEW, Stephen; EDGE, Perceptual. Dashboard confusion revisited. *Perceptual Edge*, p. 1-6, 2007.
- FONTES, O. H. P. M.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Avaliação da eficiência portuária através de uma modelagem DEA. *Anais do IX SPOLM*, 2006.
- GALLEGO, Claudemir Faraco; DA CRUZ, João Victor; ALVES, Thiago Salhab. *Ferramentas Para Análise de Dados*. Prospec-tus (ISSN: 2674-8576), v. 5, n. 2, p. 142-153, 2023.
- GONZÁLEZ-LAXE, Fernando; PICATOSTE, Xose; LÓPEZ-ARRANZ, Asunción. Challenges for Port Cities in the New Geopolitical Scenario. In: *SDGs in the European Region*. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 1421-1450.
- MCKINNEY, Wes. *Python for data analysis: Data wrangling with Pandas, NumPy, and IPython*. "O'Reilly Media, Inc.", 2012.
- MOURA, R. A.; ANJOS, G. F. C.; MONTEIRO, M. C.; GOUSSAIN, B. G. C. S. 2024. Delineamento de experimentos (DoE) e neuroergonomia aplicados em processos fabris. *Revista Sodebras*. Vol. 19. n° 221, pp 31-36. 2024. ISSN 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/stz4kf04>
- NASCIMENTO, M. V; BORILLE, G. M. R. A NDEA Model to Evaluate Airport Efficiency to Generate Non-Aviation Revenues: A Case Study of Guarulhos International Airport. *XX SITRAER*, Joinville, Santa Catarina, 2023.
- NEPOMUCENO, T. C. C.; COSTA, A. P. C. S.; DARAIO, C. Theoretical and Empirical Advances in the Assessment of Productive Efficiency since the introduction of DEA: A Bibliometric Analysis. *International Journal of Operational Research*, v.

46, n. 4, p. 505-549, 2023.

PAIVA, Daniele Moraes Electo de et al. Avaliação da eficiência da gestão ambiental e eficiência operacional de portos públicos brasileiros que exportam soja. *Revista de Administração Pública*. v. 53, p. 492-504, 2019.

PIRES, Gabriel Campos et al. Estudo da eficiência de terminais de contêineres usando o método da Análise Envoltória de Dados (DEA). 2016.

PLANO MESTRE. Complexo Portuário do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Editor, 2019. Disponível em: <<https://portosrio.gov.br/sites/default/files/inline-files/rio-ntr-rel-vf-vol-1-complexo-portuario-rio-de-janeiro-e-niteroi.pdf>>. Acesso em: 02 de out. 2024.

SECRETARIA DE AVIAÇÃO CIVIL. Research methodology for operational performance and passenger satisfaction. 2018.

SILVA, F. G. F. DA et al. Análise exploratória da eficiência produtiva dos portos brasileiros. *TRANSPORTES*, v. 19, n. 1, p. 5, 2 jul. 2011.

SOUSA JÚNIOR, José Nauri Cazuza de; NOBRE JÚNIOR, Ernesto Ferreira; PRATA, Bruno De Athayde. Análise da eficiência dos portos da região Nordeste do Brasil baseada em Análise Envoltória de Dados. 2008.

VANDERPLAS, Jake. Python data science handbook: Essential tools for working with data. "O'Reilly Media, Inc.", 2016.

WILMSMEIER, Gordon; HOFFMANN, Jan. Liner shipping connectivity and port infrastructure as determinants of freight rates in the Caribbean. *Maritime Economics & Logistics*, v. 10, p. 130-151, 2008.