



## ORDENANDO INDICADORES OPERACIONAIS DE TERMINAIS DE CONTÊINER

*SORTING OPERATIONAL INDICATORS OF CONTAINER TERMINALS*

*CLASIFICACIÓN DE INDICADORES OPERATIVOS DE TERMINALES DE CONTENEDORES*

Thiago de Almeida Rodrigues<sup>1\*</sup>, Brenda Siqueira da Silva<sup>2</sup>, Brunela Louvem Brunetti<sup>3</sup>, & Julia Barbosa Pizzo<sup>4</sup>

<sup>1 2 3 4</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico

<sup>1\*</sup> [thiago.a.rodrigues@ufes.br](mailto:thiago.a.rodrigues@ufes.br) <sup>2</sup> [brenda.silva.45@edu.ufes.br](mailto:brenda.silva.45@edu.ufes.br) <sup>3</sup> [brunela.brunetti@edu.ufes.br](mailto:brunela.brunetti@edu.ufes.br) <sup>4</sup> [julia.pizzo@edu.ufes.br](mailto:julia.pizzo@edu.ufes.br)

### ARTIGO INFO.

Recebido: 16.03.2023

Aprovado: 18.04.2023

Disponibilizado: 21.04.2023

KEYWORDS: seaport; operational indicator; AHP.

PALAVRAS-CHAVE: porto; indicadores operacionais; AHP.

PALABRAS CLAVE: puerto; indicadores operativos; AHP.

\*Autor Correspondente: Rodrigues, T. de A.

### RESUMO

Os portos são conhecidos por desempenharem um papel importante em sistemas de transporte multimodal e cadeias de suprimentos internacionais, exigindo eficiência operacional para fornecer valor aos clientes. A fim de garantir um serviço de alto nível, gerenciar uma organização com base em indicadores de desempenho é essencial para direcionar as operações ao plano estratégico. Terminais de contêineres estão inseridos nesse contexto, onde o esforço de gestão e os recursos financeiros devem ser equilibrados para alcançar a melhor utilidade de todo o sistema. Com isso em mente, esta pesquisa tem como objetivo estabelecer as dimensões dos indicadores operacionais mais relevantes dos terminais de contêineres brasileiros, aplicando o método multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP), fornecendo um conjunto de indicadores como referência para os tomadores de decisão. Para alcançar esse objetivo, realizamos uma revisão sistemática nas bases de dados Scopus, identificando 38 indicadores operacionais que foram comparados em pares por gerentes que representam 7 terminais de contêineres brasileiros, responsáveis pelo movimentar 71% do volume total de contêineres do Brasil. Esta pesquisa tem contribuições práticas e teóricas, classificando os indicadores operacionais para ajudar os tomadores de decisão a gerenciar terminais de contêineres em direção à sua estratégia.

### ABSTRACT

Seaports are well known as playing an important role in multimodal transport systems and international supply chains, requiring operational efficiency to deliver value for the customers. In order to ensure a high-level service, managing an organization based on performance indicators are essential for drive the operations toward the strategic plan. Container terminals are inserted in this

context, where the management effort and financial resources should be balanced in order to achieve the best utility of the entire system. With that in mind, this research aims to establish the dimensions of the most relevant operational indicators of Brazilian container terminals by applying the *Analytic Hierarchy Process* (AHP) multi-criteria method, providing a set of indicators as reference for decision-makers. Toward this goal, we carried out a systematic review in Scopus databases, identifying 38 dimensions of operational indicators that were pairwise compared by managers that represented 7 Brazilian container terminals, responsible for handling 71% of Brazil's container throughput. This research has made practical and managerial contributions, ranking the operational indicators to aid decision-makers to manage container terminals toward their strategy.

### RESUMEN

Los puertos marítimos son bien conocidos por desempeñar un papel importante en los sistemas de transporte multimodal y las cadenas de suministro internacionales, requiriendo eficiencia operativa para ofrecer valor a los clientes. Con el fin de asegurar un alto nivel de servicio, es esencial gestionar una organización basada en indicadores operativos para dirigir las operaciones hacia el plan estratégico. Los terminales de contenedores están insertados en este contexto, donde el esfuerzo de gestión y los recursos financieros deben equilibrarse para lograr la mejor utilidad de todo el sistema. Con eso en mente, esta investigación tiene como objetivo establecer las dimensiones de los indicadores operativos más relevantes de los terminales de contenedores brasileños aplicando el método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), proporcionando un conjunto de indicadores como referencia para los tomadores de decisiones. Para lograr este objetivo, llevamos a cabo una revisión sistemática en las bases de datos Scopus, identificando 38 indicadores operativos que fueron comparadas en pares por gerentes que representaron a 7 terminales de contenedores brasileños, responsables del manejo del 71% del volumen de contenedores de Brasil. Esta investigación ha hecho contribuciones prácticas y gerenciales, clasificando los indicadores operativos para ayudar a los tomadores de decisiones a gestionar los terminales de contenedores hacia su estrategia.



## 1. INTRODUÇÃO

O comércio internacional de mercadorias intensificou a demanda por operações logísticas eficientes. Com a economia de escala decorrente do transporte marítimo, que movimenta 90% do comércio internacional de cargas, os embarcadores/consignatários romperam as barreiras das distâncias e passaram a buscar fornecedores que melhor atendam às suas expectativas, aumentando a competitividade em todo o mundo (Haralambides, 2019). O expressivo aumento de 74,6% no volume de cargas secas carregadas e transportadas por contêiner desde o ano 2000 (UNCTAD, 2019) tem pressionado os portos marítimos, que enfrentam desafios operacionais relacionados à capacidade dos terminais, calados dos canais, equipamentos para movimentação dessas embarcações, em particular, eficiência operacional (Khaslavskaya & Roso, 2020).

Na prática, os portos marítimos são o ator mais importante e indispensável nos sistemas de transporte de contêineres, compostos por um terminal com docas e pátio, onde os contêineres são posicionados, armazenados temporariamente e chegam/saem por meio de operação de embarcação ou transporte terrestre (caminhão ou trem) (Fazi & Roodbergen, 2018; Haralambides, 2019). Em particular, os portos marítimos são ecossistemas nos quais um grande e heterogêneo conjunto de partes interessadas interage e implementa uma variedade de operações e processos de negócios articulados e interconectados (Simoni et al., 2022). No entanto, hoje em dia os terminais de contentores são muito mais do que locais de transferência de carga entre diferentes modos de transporte, pois oferecem uma vasta gama de serviços para explorar potenciais economias de escala, funcionando como portas de acesso a mercados internacionais que requerem um alinhamento de beira-mar, intermodal/multimodal e logística terrestre para alcançar um movimento eficiente dos fluxos físicos (ou seja, cargas) e não físicos (ou seja, informações) (Ha et al., 2017).

Tal complexidade de operações operacionais torna a escolha do porto marítimo uma questão complexa para os clientes. Uma revisão de pesquisas anteriores sobre escolha de portos marítimos embarcados por Rodrigues et al. (2021) sugere que as pesquisas sobre essa escolha que abordam parâmetros como a eficácia do porto e a otimização da linha marítima estão bem cobertas na literatura, conforme afirmam Talley e Ng (2013) e Moya e Valero (2016). Esses autores reforçam que os clientes são orientados a escolher portos marítimos que prestam serviços mais vigilantes, eficientes e sanitários, tornando os indicadores operacionais de um porto marítimo uma base importante para a escolha do cliente (Jiang et al., 2015; Talley & Ng, 2013).

Os indicadores operacionais do terminal de contêineres permitem categorizar os serviços prestados em cada porto marítimo, destacando o desempenho atual e suavizando as decisões gerenciais baseadas em dados (Júnior, 2008). Apesar da relevância, gerir um terminal de contêineres com base em indicadores operacionais pode se tornar uma questão complexa, principalmente pela sua quantidade e complexidade de avaliação. Assim, algumas questões que surgem são: i) qual o conjunto de indicadores operacionais para gerenciar um terminal de contêineres? ii) Quais indicadores devem ser priorizados? Esse problema é



classificado como um problema multicritério que pode ser tratado como um problema de ordenação. Um dos métodos mais aplicados para ordenação de problemas é o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), desenvolvido por Thomas Saaty (Vaidya & Kumar, 2006); esse método é amplamente aplicado quando os problemas exigem a consideração de fatores quantitativos e qualitativos, como decisões operacionais e socioeconômicas (Subramian & Ramanathan, 2012).

Com base nas questões expostas, esta pesquisa visa estabelecer e hierarquizar as dimensões dos indicadores operacionais dos terminais de contêineres brasileiros, segundo a visão de especialistas pelo método AHP, a fim de fornecer um conjunto de dimensões de referência para auxiliar na decisão dos profissionais portuários. Pensando nisso, primeiramente foram identificadas as dimensões dos indicadores operacionais existentes relacionados aos terminais de contêineres por meio de uma revisão sistemática. Em segundo lugar, os indicadores operacionais foram comparados aos pares por opiniões de especialistas do porto, obtendo a relevância de cada dimensão operacional. Por fim, o método AHP foi aplicado para classificar os indicadores operacionais, resultando em relevantes *insights* teóricos e gerenciais.

Para responder a essa questão de pesquisa, o restante do artigo está estruturado da seguinte forma. Na seção 2, articulamos o contexto brasileiro de nosso estudo e explicamos por que ele é importante. Na seção 3 apresentamos uma revisão da literatura anterior sobre indicadores operacionais em terminais de contêineres. A seção 4 detalha os métodos e ferramentas utilizados nesta pesquisa, com foco no método multicritério AHP. A seção 5 apresenta os resultados e discussões, onde articulamos a análise e os principais insights da pesquisa, concluindo o artigo com as contribuições teóricas e gerenciais na seção 6.

## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO

*Seaport* é uma rede logística complexa que existe em formas e arranjos muito diferentes em diferentes termos ao redor do mundo, especialmente incluindo infraestrutura de transporte, funcionalidade, nível de maturidade, propriedade e processos de iniciação (Khaslavskaya & Roso, 2020). As diferenças de infraestrutura logística em cada região requerem um estudo aprofundado para captar características específicas, no entanto, os estudos que abordam esse tema concentram-se principalmente em países asiáticos e europeus, enquanto os países sul-americanos e africanos tiveram baixa representatividade (Rodrigues et al., 2021). Preenchendo essa lacuna da literatura, o presente estudo concentrou-se no Brasil.

O Brasil é o maior país da América do Sul, cobrindo uma área de 8,5 milhões de km<sup>2</sup>, tornando-se o quinto maior país do mundo em área. Com uma população estimada em mais de 211 milhões, é também o sexto país mais populoso do mundo (IBGE, 2020). Economicamente, o Brasil é a 9ª economia mundial, com PIB de US\$ 7,4 trilhões, exportando US\$ 209 bilhões e importando US\$ 158 bilhões em 2020 (MDIC, 2021). Além disso, o Brasil é a 20ª maior economia em movimentação de contêineres do mundo, movimentando mais de 10 milhões de TEUs (unidades equivalentes a vinte pés) por ano, sendo que apenas o polo marítimo de Santos, no estado de São Paulo, é responsável por 45% desse volume (ANTAQ,



2022; UNCTAD, 2019) . Dados os fatores acima, o Brasil claramente desempenha um papel importante no comércio internacional global e no transporte marítimo de cargas.

Nos últimos anos, o Brasil tem visto um crescimento significativo em sua indústria de terminais de contêineres, com vários terminais emergindo como atores-chave. O porto de Santos, localizado no estado de São Paulo, é o maior porto marítimo de contêineres do Brasil, movimentando aproximadamente 4,5 milhões de TEUs anualmente em 2022 (ANTAQ, 2022). Seguem-se os Portos de Navegantes e Paranaguá, ambos localizados no sul do Brasil, movimentando cerca de 1,1 milhão por ano. Outros grandes terminais de contêineres no Brasil incluem os portos marítimos de Rio Grande, Itajaí e Suape. Espera-se que o volume de movimentação de contêineres no Brasil continue crescendo, impulsionado pela expansão das parcerias comerciais do país e seu crescente mercado consumidor. Esse contexto revela a relevância de identificar os principais fatores operacionais, auxiliando os profissionais portuários a gerenciar suas operações e melhorar a competitividade.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os indicadores de desempenho são cruciais na gestão estratégica de qualquer organização e podem ocorrer nas mais diversas formas e complexidades. De modo geral, os indicadores são índices para medir a grandeza de um processo fabril ou administrativo, determinando se ele está inserido dentro de parâmetros aceitáveis (Martins & Laugeni, 2005). Além disso, é também uma medida que garante a avaliação de atributos particulares, fornecendo a base para a tomada de decisão (Niedritis, Niedrite, & Kozmina, 2011).

A literatura afirma que as métricas encorajam gestores e funcionários a tomar as decisões que acreditam ser as melhores para atingir o objetivo (Kaplan & Norton, 1992; Drucker, 1954). Se as métricas forem escolhidas com cuidado, gerentes e funcionários aumentam as chances de tomar melhores decisões, permitindo que a empresa maximize seus lucros no longo prazo (Hauser & Katz, 1998). Uma das principais ferramentas de gestão estratégica que ajuda as organizações a acompanhar e medir o seu progresso no alcance das suas metas e objetivos é o *Balanced Scorecard* (BSC) (Kaplan & Norton, 1992). No entanto, muitos executivos que buscam criar valor para os acionistas também confiam em sua intuição na escolha dos indicadores, o que pode levar a decisões equivocadas (Mauboussin, 2012).

Os indicadores operacionais do porto estão intimamente relacionados com a escolha do cliente em utilizar o porto como operador logístico. Uma revisão de pesquisas anteriores sobre a escolha entre porto marítimo e sertão, conduzida por Rodrigues et al. (2021), sugere que pesquisas sobre a escolha de portos marítimos que abordam parâmetros como a eficácia do porto e a otimização da linha marítima estão bem estabelecidas na literatura. Exemplos dessa literatura são Talley e Ng (2013) e Moya e Valero (2016). Além desses, outros estudos examinaram a decisão de conexão intermodal e a otimização da rede (Tran, Haasis, & Buer 2017). No entanto, apesar desses estudos, pouca atenção tem sido dada para ordenar os indicadores operacionais do porto.

As operações em terminais de contêineres são mais amplas e complexas do que simplesmente carregar e descarregar contêineres nos navios. Essas atividades podem ser



representadas por indicadores operacionais como capacidade de armazenamento, número de berços de atracação, guindastes/*ship-to-shore* para carregar/descarregar os navios, capacidade dos equipamentos, janela de atracação, tempo de permanência do contêiner, tempo de ciclo do caminhão, movimentação de contêineres por dia e produtividade do *gate* (Rashidi & Tsang, 2013). Em outra perspectiva, Felício, Caldeirinha e Dionísio (2014) encontraram 5 características principais para influenciar o desempenho operacional do terminal de contêineres: i) localização do porto marítimo; ii) rede porto-interior (conectividade do lado terrestre); iii) serviços de navegação marítima; iv) dinamismo das autoridades portuárias; e v) organização portuária e integração logística.

As dimensões dos indicadores de desempenho em portos marítimos mostram a eficiência operacional e devem ser úteis para embarcadores e consignatários, bem como para gestores de portos marítimos na tomada de decisões para alinhar as operações com o plano estratégico. Alguns exemplos de indicadores operacionais citados por Caggiani et al. (2012) são a produtividade em suas diversas aplicações, a taxa de utilização dos equipamentos, os custos operacionais, o calado do cais, o comprimento do guindaste/navio até a costa, a área do pátio e a quantidade de equipamentos de movimentação. Segundo Largen e Sharypova (2013), a conectividade intermodal também aparece como um indicador operacional relevante, uma vez que muitas autoridades e gestores portuários têm a ambição de lidar com uma maior parcela de volumes utilizando o transporte multimodal. No entanto, o aumento do uso do transporte intermodal exige uma melhor conectividade entre portos e sertões, o que não é o caso do Brasil, com baixa densidade de malha ferroviária (ANTF, 2019).

As operações logísticas, principalmente em grandes terminais de contêineres, atingiram um nível de complexidade que exige conhecimento sobre todas as variáveis e como elas interagem no sistema. Para enfrentar os desafios operacionais e se tornarem competitivos, os terminais de contêineres precisam inovar e muitas vezes automatizar equipamentos para otimizar seus processos logísticos (Rashidi & Tsang, 2013). No entanto, não existe atualmente um conjunto padronizado de indicadores para medir o grau de especialização e eficiência das atividades portuárias. Pensando nisso, a literatura oferece um conjunto de indicadores operacionais a partir de 14 artigos que serviram de referência nesta pesquisa (Quadro 1).

**Quadro 1.** Indicadores operacionais do terminal contêineres

Indicador	Objetivo	Razão	Referência
Comprimento e profundidade do cais	Determinar as características do cais (comprimento e profundidade) para atracação de navios	Dado o aumento do porte dos navios porta-contêineres, são necessários terminais com píeres maiores	Al-Eraqi et al. (2010); Feng et al. (2011); Caggiani et al. (2012); Rios & Souza (2014)
Capacidade do pátio	Avaliar a capacidade de armazenamento do contêiner	Identificar a ocupação/congestionamento do terminal	Al-Eraqi et al. (2010); Yeo et al. (2011); Caggiani et al. (2012); Rios & Souza (2014)
Capacidade do armazém	Avaliar a capacidade de armazenamento do armazém	Identificar a ocupação/congestionamento do armazém	Al-Eraqi et al. (2010); Yeo et al. (2011); Caggiani et al. (2012); Rios & Souza (2014)
Investimento em infraestrutura	Medir o valor do investimento na	Para permitir avaliar o retorno e o retorno do investimento	Yeo, Roe & Dinwoodie (2011)



infraestrutura do terminal			
Conectividade intermodal	Identificar com quais modais o terminal de contêineres está conectado	Rede intermodal reduz custos de transporte e melhora a competitividade	Baldassara et al. (2010); Yeo et al. (2011); Feng et al. (2011); Largen & Sharypova (2013)
Confiabilidade operacional	Medida da probabilidade de um sistema (operação do navio) operar sem falhas por um determinado período de tempo	Atender aos requisitos/acordos dos clientes e cumprir as janelas de atracação dos embarcadores	Pun & Nurse (2010); Rashidi & Tsang (2013); Lam & Song (2013); Tapia et al. (2014)
Confiabilidade do equipamento	Medida da probabilidade de que o equipamento opere sem falhas por um determinado período de tempo	Dados úteis para o plano de manutenção	Pun & Nurse (2010); Rashidi & Tsang (2013); Lam & Song (2013)
Custo da força de trabalho	Medir a quantidade de dinheiro usada para pagar funcionários operacionais	Para controlar os custos operacionais	Huang et al. (2010); Caggiani et al. (2012); Tapia et al. (2014)
Custo operacional	Mensurar o custo relacionado a qualquer atividade operacional	Precificar serviços, identificar perdas, rastrear e reduzir custos e otimizar recursos	Huang et al. (2010); Yeo, Roe & Dinwoodie (2011); Caggiani et al. (2012); Lam & Song (2013)
Custo de manutenção	Medir e controlar os custos de manutenção	Avaliar a eficácia da manutenção	Pun & Nurse (2010); Huang et al. (2010); Feng et al. (2011); Lam & Song (2013)
Demanda de volume de movimentação	Medir a demanda por contêineres de movimentação dentro do terminal	Avaliar os níveis de comércio e a capacidade de atendimento operacional do terminal	Al-Eraqi et al. (2010); Huang et al. (2010); Yeo et al. (2011); Feng et al. (2011); Rashidi & Tsang (2013)
Disponibilidade do equipamento	Identificar se o equipamento está disponível quando necessário	Dados úteis para o plano de manutenção	Pun & Nurse (2010); Rashidi & Tsang (2013); Lam & Song (2013); Tapia et al. (2014)
Perda/dano do contêiner	Medir a frequência de perdas/danos de contêineres	Atender aos requisitos/acordos do cliente	Yeo et al. (2011)
Número de tomadas refrigeradas	Determinar a capacidade do contêiner refrigerado	Capacidade para armazenar o contêiner refrigerado	Feng et al. (2011); Rios & Souza (2014)
Ocupação do armazém	Determinar a ocupação no armazém dos portos	Identificar a ocupação/congestionamento do armazém	Al-Eraqi et al. (2010); Yeo et al. (2011); Nooramin et al. (2011)
Ocupação do pátio	Determinar a ocupação da área do pátio	Identificar a ocupação/congestionamento do terminal	Al-Eraqi et al. (2010); Yeo et al. (2011); Nooramin et al. (2011)
Produtividade de carga/descarga de navios	Medir quantos contêineres são carregados/descarregados por hora em uma operação de navio	Estimar o tempo de operação e acompanhar a produtividade	Pun & Nurse (2010); Yeo et al. (2011); Nooramin et al. (2011); Carteni & Luca (2012); Caggiani et al. (2012); Tapia et al. (2014)
Produtividade do berço	Avaliar quantos navios operam em um berço por mês	Acompanhar a eficiência de um berço	Pun & Nurse (2010); Yeo et al. (2011); Nooramin et al. (2011); Carteni & Luca (2012); Caggiani et al. (2012)
Produtividade do equipamento	Medir o desempenho do equipamento	Alocar recursos e auxiliar na tomada de decisões operacionais e de manutenção	Pun & Nurse (2010); Huang et al. (2010); Nooramin et al. (2011); Carteni & Luca (2012); Caggiani et al. (2012); Rashidi & Tsang (2013)
Distância entre o berço e o bloco do pátio	Medir a distância percorrida pelos caminhões	Melhorar o plano de armazenagem, reduzindo a distância de transporte	Feng et al. (2011); Caggiani et al. (2012)



Equipamentos adicionais	Medir a quantidade de empilhadeiras, <i>reach-stackers</i> , etc.	Certificar se o porto possui equipamentos necessários para a operação logística	Yeo et al. (2011); Feng et al. (2011); Rios & Souza (2014)
Quantidade de <i>ship-to-shore</i> /guindastes	Medir a produtividade de carga do navio do terminal	<i>Ship-to-shore</i> /guindastes são os equipamentos portuários mais relevantes, responsáveis pela produtividade de carga sip	Huang et al. (2010); Yeo et al. (2011); Feng et al. (2011); Caggiani et al. (2012); Rios & Souza (2014)
Quantidade de TEUs movimentados	Medir o volume de contêineres movimentados no terminal	O lucro do porto marítimo vem principalmente da movimentação de contêineres	Yeo et al. (2011); Feng et al. (2011)
Quantidade de caminhões	Medir a capacidade de transporte de contêineres	Esse auxílio para avaliar a capacidade do porto	Feng et al. (2011); Carteni & Luca (2012); Rashidi & Tsang (2013)
Produtividade do caminhão	Medir quantos contêineres foram transportados por caminhão por turno	Medir a produtividade do equipamento	Yeo et al. (2011); Carteni & Luca (2012); Rashidi & Tsang (2013)
Quebras de equipamentos	Medir a quantidade de quebras durante o turno de operação	Esse indicador é uma entrada para o plano de manutenção	Pun & Nurse (2010); Rashidi & Tsang (2013)
Produtividade do equipamento	Medir a taxa de utilização do equipamento	Agendar manutenções, turnos operacionais e medir a produtividade	Pun & Nurse (2010); Carteni & Luca (2012); Rashidi & Tsang (2013)
Distribuição do plano de estiva	Quantidade de navios/guindastes que um plano de estiva permite trabalhar	Mais guindastes operando na embarcação resulta em mais produtividade	Feng et al. (2011); Rashidi & Tsang (2013)
Tempo de espera dos caminhões	Medir o tempo de espera dos caminhões esperando para serem carregados/descarregados no terminal	Avaliar o congestionamento do terminal e a produtividade dos caminhões	Yeo et al. (2011); Feng, et al. (2011); Nooramin et al. (2011); Carteni & Luca (2012); Rios & Souza (2014)
Tempo de permanência do contêiner no terminal	Medir o tempo médio que o contêiner ficou armazenado no terminal	O porto cobra do cliente de acordo com o tempo de armazenamento	Baldassara et al. (2010); Carteni & Luca (2012); Rashidi & Tsang (2013)
Tempo de permanência gratuito no terminal	Medir a quantidade de cargas que ficaram gratuitas	Avaliar se os clientes estão utilizando esse benefício	Carteni & Luca (2012); Rashidi & Tsang (2013)
Tempo médio de espera do navio	Medir o tempo entre a chegada do navio e o início da operação	Cumprir os acordos dos clientes	Yeo et al. (2011); Fen et al. (2011); Carteni & Luca (2012)
Tempo médio de operação	Estimar quantos contêineres podem ser carregados/descarregados por hora	Ajudar a programar o tempo de navegação de uma embarcação e turnos operacionais	Pun & Nurse (2010); Baldassara et al. (2010); Carteni & Luca (2012)
Tempo de viagem do caminhão	Medir o tempo de viagem do caminhão do cais ao pátio	Permite estimar o número de caminhões necessários por turno	Nooramin et al. (2011); Rashidi & Tsang (2013)
Tempo de espera do equipamento	Estimar o tempo improdutivo do equipamento	Programar melhor o equipamento por turno de trabalho	Pun & Nurse (2010); Feng et al. (2011); et al. (2011); Carteni & Luca (2012); Lam & Song (2013); Rios & Souza (2014)
Tempo de permanência do caminhão externo	Medir o tempo entre o caminhão externo, chegar e sair do terminal	Permite medir a produtividade/congestionamento do pátio	Pun & Nurse (2010); et al. (2011); Carteni & Luca (2012); Rios & Souza (2014)
Tempo de atracação do navio	Medir o tempo total que o navio ficou atracado no terminal	O tempo de atracação não pode ser maior que a janela do navio	Pun & Nurse (2010); Yeo et al. (2011); Feng et al. (2011)
Produtividade do	Identificar a quantidade de	Identificar o volume movimentado	Pun & Nurse (2010); Yeo et al.



portão	caminhões externos que chegam/saem do terminal	por dia e estimar o congestionamento do terminal	(2011); Carteni & Luca (2012); Rashidi & Tsang (2013)
Velocidade de operação do equipamento	Identificar o desempenho do equipamento	Avaliar a produtividade do equipamento e programar o equipamento para o turno	Pun & Nurse (2010); Yeo et al. (2011); Feng et al. (2011); Carteni & Luca (2012); Rashidi & Tsang (2013)

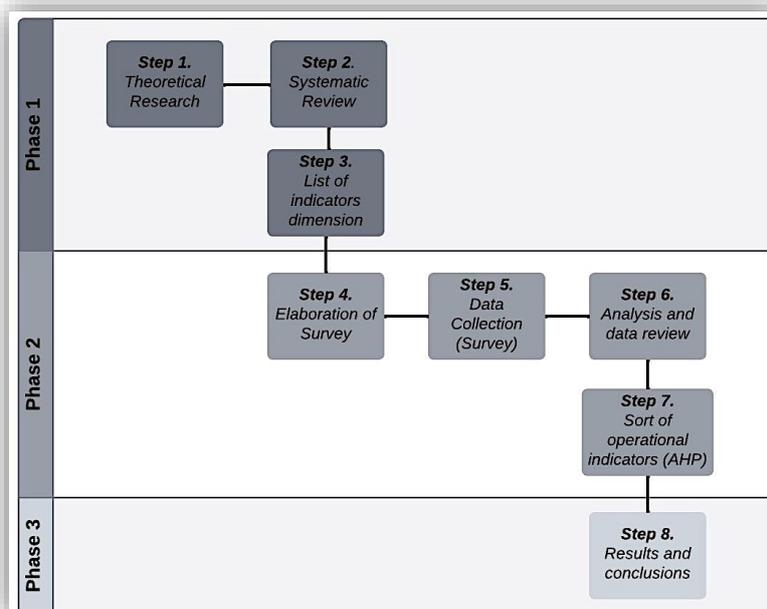
Fonte: Autores

Com base na estrutura acima, o método AHP foi aplicado de forma a comparar de forma pareada os indicadores operacionais pelos gestores dos portos, buscando classificá-los e encontrar os mais relevantes a serem considerados para a tomada de decisão da gestão operacional do porto. A literatura apresenta alguns casos de AHP na tomada de decisão em portos marítimos. O estudo de Cruz, Ferreira e Azevedo (2013) discutiu os fatores-chave da competitividade portuária na perspectiva dos stakeholders dos portos ibéricos, demonstrando que a importância relativa dos fatores varia entre os stakeholders. Na perspectiva do risco, Lamii et al. (2022) utilizaram o AHP para apresentar uma hierarquia que simplifica a complexidade do sistema logístico portuário em uma estrutura organizada, e para analisar e avaliar os fatores de risco com base nos critérios identificados. Por fim, o AH também foi aplicado em problemas de localização, auxiliando os tomadores de decisão a selecionar a melhor localização para portos marítimos, portos secos e outras instalações logísticas Božičević et al. (2021).

#### 4. MÉTODOS E FERRAMENTAS

Esta pesquisa seguiu uma metodologia de três fases e 7 etapas, conforme segue na Figura 1. O foco da primeira fase do estudo foi identificar, a partir da literatura, os indicadores operacionais dos terminais de contêineres. Com isso em mente, primeiro foi realizada uma pesquisa teórica, obtendo informações relevantes para, em seguida, realizar uma revisão sistemática na etapa 2.

Figura 1. Fases da pesquisa



Fonte: Autores



A revisão sistemática seguiu o procedimento desenvolvido por Tranfield, Denyer e Smart (2003). Nosso foco aqui foi identificar as dimensões dos indicadores operacionais dos terminais de contêineres do Brasil. As palavras-chave buscadas nas bases de dados foram “porto de contêineres”, “porto marítimo de contêineres” e “terminal de contêineres”, com a lógica ‘AND’ para “indicador de desempenho” e “indicador operacional” para título, palavras-chave e resumo. Por meio de busca na base de dados Scopus, restringindo o ano de publicação de 2010 a 2015, obteve-se um total de 51 publicações na Scopus. Esses artigos foram filtrados considerando o escopo da pesquisa de discutir/apresentar os principais indicadores operacionais utilizados na gestão de terminais de contêineres. Após a filtragem da base de dados, foram selecionados 14 artigos para serem incluídos neste estudo, concluindo a etapa 3 e a fase 1 desta pesquisa.

A segunda fase concentrou-se em construir um instrumento de pesquisa para obter a perspectiva dos gestores dos portos marítimos sobre a relevância dos indicadores operacionais, possibilitando classificá-los. Na etapa 4 o instrumento de pesquisa foi construído pelo *Google Docs*. Para comparar os indicadores pareados, foi utilizada uma escala *Likert* de 9 pontos (Saaty, 1994). O instrumento de pesquisa foi testado com alunos de mestrado da Universidade Federal do Paraná e, após os ajustes necessários, o instrumento de pesquisa foi enviado ao público-alvo para coleta de dados (etapa 5).

Nosso público-alvo foi formado pelos gestores de terminais de contêineres no Brasil com movimentação de contêineres acima de 100.000 TEUs por ano, eliminando assim agências marítimas e pequenos portos marítimos que não são terminais de contêineres, resultando em 15 terminais de contêineres. Essa meta está alinhada com a definição de habilidade necessária para uma tomada de decisão descrita por Saaty e Alexander (2013) e Saaty (1994), que definiram que os participantes do AHP deveriam conhecer e vivenciar o problema a ser estudado. Dessa forma, dos quinze terminais de contêineres contatados, obtivemos sete respostas do instrumento de pesquisa. Os gestores portuários participantes desta pesquisa foram responsáveis pela movimentação de 8.342.157 TEUs em 2022, respondendo por 71% do volume total de contêineres movimentados no Brasil (ANTAQ, 2022) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Volume de TEUs movimentados pelos portos alvo

Terminal de Contêineres	Volume de TEUs movimentados (2022)
Porto Itapoá	885.822
Portonave	1.149.715
DP World	931.542
Paranaguá	1.114.097
Rio Grande	517.665
Santos Brasil	3.518.312
Vitória	225.004

Fonte: ANTAQ (2022)

Após a coleta da pesquisa, os dados foram revisados (etapa 6) para evitar valores ausentes ou outros erros. Na etapa 7 aplicamos o método AHP para ordenar os indicadores operacionais dos terminais de contêineres, agregando a visão de todos os gestores. Com



base nos resultados, articulamos as discussões e principais contribuições desta pesquisa na etapa 8. No próximo tópico apresentamos brevemente o método AHP.

#### 4.1 AUXÍLIO À DECISÃO MULTICRITÉRIOS E MÉTODO AHP

Um problema de decisão multicritério é um tipo de decisão que envolve fazer uma escolha entre várias alternativas com base em vários critérios ou fatores. Esse tipo de problema surge quando o tomador de decisão precisa considerar diversos fatores importantes para atingir seus objetivos, como custo, tempo, qualidade, risco e impacto social (Keeney, 1992). Em geral, são quatro as problemáticas dos problemas de decisão: i) escolha: é o processo de selecionar uma opção a partir de um conjunto de alternativas; ii) classificar/classificar: envolve classificar os itens de acordo com sua prioridade/relevância definida pelo *decisor*; iii) classificação: é o processo de atribuir itens a diferentes categorias com base em suas propriedades ou características; iv) descrição: envolve a caracterização de um fenômeno ou objeto por meio de palavras ou outras formas de linguagem (Almeida, 2013).

Na verdade, existem muitos métodos multicritérios para auxiliar a tomada de decisão, divididos em duas categorias principais: métodos de superação e métodos de compensação (Almeida, 2013). Os métodos de superação, também conhecidos como métodos baseados em preferência, são métodos que comparam alternativas entre si com base na medida em que uma alternativa supera as outras em termos dos critérios que estão sendo avaliados. Exemplos de métodos de superação incluem o Método de Organização de Classificação de Preferências para Avaliações de Enriquecimento (PROMETHEE) e os métodos *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE). Os métodos de remuneração, também conhecidos como métodos baseados em valor, agregam pontuações ou pesos para os critérios para obter uma pontuação geral ou classificação para cada alternativa. Nos métodos de remuneração, os critérios são normalmente combinados em uma única função de utilidade que representa as preferências do tomador de decisão. Exemplos de métodos de compensação incluem a ponderação aditiva simples (SAW), Macbeth, TOPSIS e AHP (Almeida, 2013).

O método AHP é um dos métodos multicritério mais aplicados, com casos aplicados em companhias aéreas (Mahtani & Garg, 2018), transporte público urbano (Nosal & Solecka, 2014), segmentação de fornecedores (Rezaei & Ortt, 2013) e também indicadores de desempenho portuário (Ha & Yang, 2017). Uma revisão sistemática recente das publicações da AHP foi feita por Gonçalves et al. (2021), revelando a relevância prática e teórica desse método. Ele usa comparações de pares, o que significa que compara o nível de relevância de um determinado item ou recurso em relação a outro. Essas comparações podem ser feitas a partir de medições reais ou de uma escala fundamental, que reflete a força relativa, preferências, sentimentos e opiniões subjetivas (Saaty, 1987; Subramanian & Ramanathan, 2012). O AHP também fornece uma estrutura eficaz para o grupo de tomada de decisão, impondo uma disciplina ao longo dos estágios do processo. A necessidade de adicionar um valor numérico a cada variável do problema ajuda a manter a consistência entre as



tentativas, aumentando a consistência dos julgamentos e a confiabilidade do AHP como ferramenta de tomada de decisão (Saaty, 2012).

Para detalhar todo o algoritmo AHP não faz parte do escopo desta pesquisa. No entanto, as principais etapas podem ser simplificadas em 5 etapas como segue (Saaty, 2012): definir o problema de decisão e identificar os critérios e alternativas; ii) construir uma hierarquia de critérios de decisão e alternativas, onde 'W' é o peso de cada critério, e 'P' é a prioridade de cada alternativa; iii) comparar os critérios e alternativas par a par e atribuir um peso relativo ou prioridade a cada um. Aqui,  $A_{ij}$  é a importância relativa do critério 'i' para o critério 'j', e  $B_{ijk}$  é a importância relativa da alternativa 'k' para o critério 'i'. Pode ser representado em uma matriz quadrada, onde os elementos diagonais são todos iguais a 1, e os elementos fora da diagonal são recíprocos um do outro. Dessa maneira  $A_{ij} = 1/A_{ji}$ , e  $B_{ijk} = 1/B_{ikj}$ .

A etapa iv) é a verificação de consistência das comparações pareadas, calculando a Razão de Consistência (CR), definida como  $(\lambda_{max} - n)/(n - 1)$ , where  $\lambda_{max}$  é o autovalor máximo da matriz de comparação pareada e 'n' é o número de critérios ou alternativas. O CR deve ser inferior a 0,1 para que as comparações sejam consideradas consistentes. Em seguida, a etapa v) calcula as prioridades agregando os valores de comparação *pairwise*. Seja  $C_i$  a prioridade do critério 'i', e  $A_{ik}$  ser a prioridade da alternativa 'k'. A prioridade de cada critério é dada por  $C_i = \sum_j (A_{ij} * W_j) / \sum_j W_j$ , onde  $\sum_j$  denota a soma de todos os critérios 'j'. A prioridade de cada alternativa é dada por  $A_{ik} = \sum_i (B_{ijk} * C_i)$ . Mais detalhes do algoritmo AHP seguem em Saaty (1987), Subramanian e Ramanathan (2012) e Saaty (2012).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

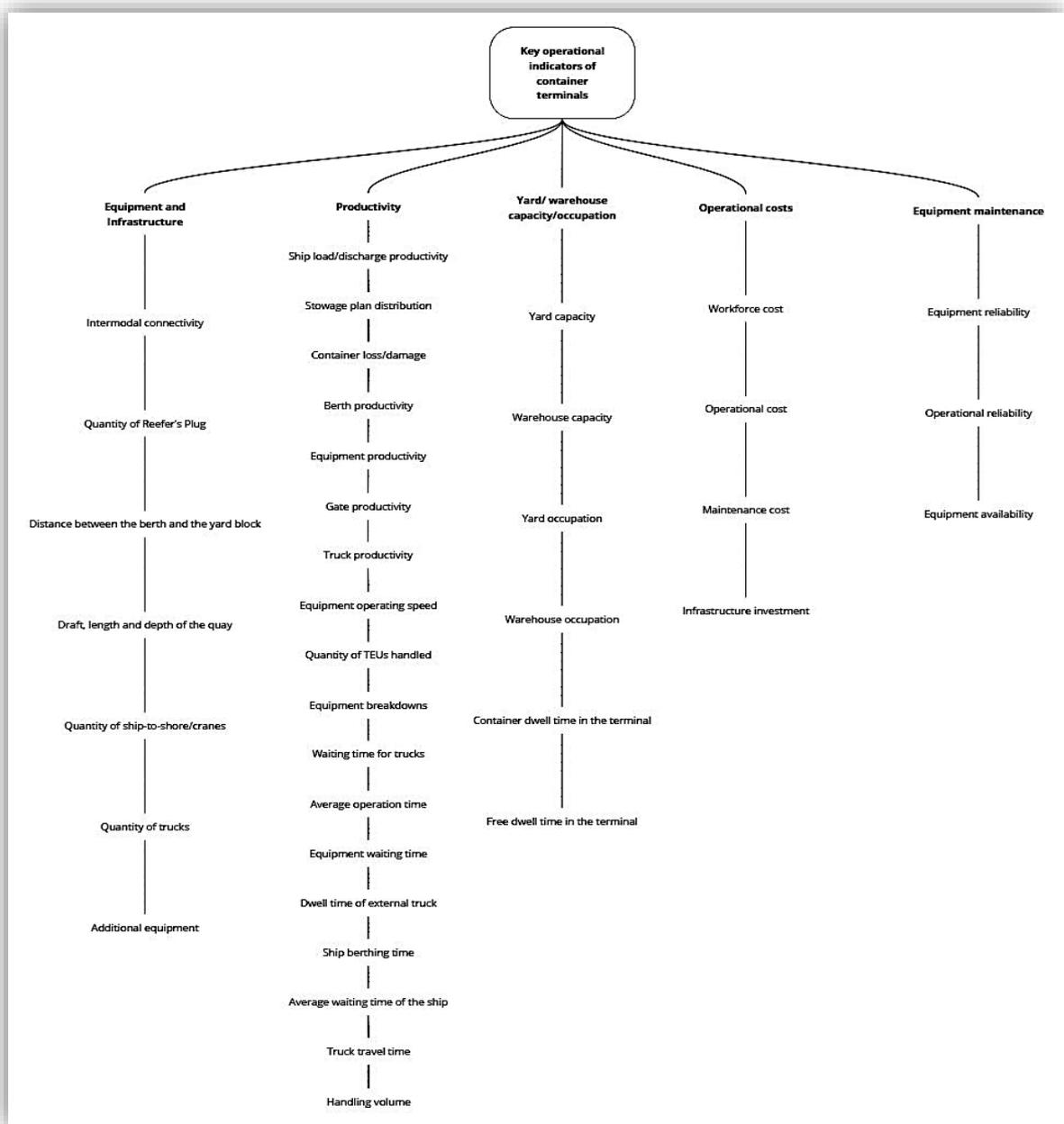
O método AHP foi aplicado para classificar os indicadores operacionais dos terminais de contêineres com base na comparação *pairwise* feita pelos especialistas. O conjunto de indicadores operacionais foi agregado em 5 dimensões de acordo com a sua especificidade, de forma a facilitar a comparação par a par e a ordenação dos indicadores. As dimensões foram: i) equipamentos e infraestrutura; ii) produtividade; iii) capacidade/ocupação do pátio/armazém; iv) custos operacionais; v) manutenção de equipamentos. A estrutura completa das dimensões com seus indicadores operacionais segue na Figura 2.

Primeiro, os gestores do porto marítimo compararam em pares as dimensões operacionais dos indicadores, definindo sua preferência relativa. Aplicando o AHP aos dados obtidos pelo instrumento de pesquisa, e agregando a perspectiva de todos os gestores, o primeiro resultado foi a ordenação da dimensão, conforme apresenta a Tabela 2. Essa saída revela que a dimensão produtividade é a mais importante, respondendo por 37% da prioridade relativa, seguida de custos operacionais (24%), equipamentos e infraestrutura (15%), capacidade/ocupação de pátio/armazém (13%) e manutenção de equipamentos (10%). Esse resultado concorda com o estudo de Jamain, Zakaria e Satar (2023), reforçando a relevância de gerenciar indicadores de produtividade para se tornar mais competitivo. Dessa forma, um porto mais produtivo chamará a atenção de embarcadores e armadores, que buscam agilidade nos serviços logísticos.



Aplicamos a mesma abordagem para classificar os indicadores operacionais em cada dimensão, classificando-os na Tabela 3. Em relação aos indicadores operacionais, a produtividade de carga/descarga do navio (11%) foi a mais relevante para os especialistas. A produtividade de carga/descarga do navio dita o tempo que a embarcação permanece atracada no porto, tornando esse indicador relevante para a competição portuária, onde os armadores buscam agilidade nas operações para atender suas escalas ao longo de sua viagem a tempo. Também é importante a quantidade de TEUs movimentados (11%) pelo porto, pois impacta diretamente no desempenho econômico e na competitividade desse. Quanto mais contêineres um porto pode manusear, mais mercadorias e produtos ele pode transportar, resultando em aumento de receita e atividade comercial.

Figura 2. Conjunto de dimensões e indicadores operacionais



Fonte: Autores



**Tabela 2.** Matriz de preferência das dimensões operacionais

Dimensões	Equipamentos e infraestrutura	Produtividade	Pátio / capacidade armazém / ocupação	Custos operacionais	Manutenção equipamentos	Classificar
Equipamentos e infraestrutura	1	0,62	1	0,53	1,26	15%
<b>Produtividade</b>	1,6	1	4,02	1,81	3,39	<b>37%</b>
Capacidade/ocupação do pátio/armazém	1	0,25	1	0,58	1,47	13%
Custos operacionais	1,87	0,55	1,72	1	2,36	24%
Manutenção de Equipamento	0,79	0,29	0,68	0,42	1	10%

\*CI= 0,022; RI(5) = 1,11; CR = 0,02. Fonte: Autores

**Tabela 3.** Matriz de preferência dos indicadores de produtividade

Indicadores de Produtividade	Produtividade carga / descarga navio	Distribuição plano de estiva	Produtividade equipamento	Produtividade berço	Quebras equipamento	Produtividade portão	Produtividade caminhão	Velocidade operacional equipamento	Quantidade TEUs movimentados	Perda / dano contêiner	Demanda volume de movimentação	Tempo espera caminhões	Tempo médio operação	Tempo viagem caminhão	Tempo espera equipamento	Tempo permanência caminhões	Tempo atracação navio	Tempo médio espera navio	Classificar
Produtividade carga / descarga navios	1	2,27	1,81	2,19	2,89	3,11	2,47	2,04	1,26	2,19	2,54	1,54	2,27	2,11	3,47	1,66	2,33	1,87	11%
Distribuição plano estiva	0,44	1	0,46	0,85	1,17	1,35	1,26	0,85	0,41	0,63	0,5	1,03	0,79	1,72	1,47	1,03	0,89	0,85	4%
Produtividade equipamento	0,55	2,17	1	1,58	1,72	2,33	1,66	1,47	0,85	1,23	1,72	2,27	1,85	1,94	3,19	2,33	1,85	2,54	8%
Produtividade berço	0,46	1,17	0,63	1	1,85	1,7	1,35	0,92	0,47	0,6	0,76	1,16	0,73	0,92	1,47	0,7	0,85	1,08	5%
Avarias equipamentos	0,35	0,85	0,58	0,54	1	1,79	1,47	0,85	0,46	0,64	0,44	0,81	0,55	0,55	0,95	0,95	0,76	0,65	4%
Produtividade portão	0,32	0,74	0,43	0,59	0,56	1	0,58	0,73	0,58	1,04	0,39	1,01	0,6	0,79	1,72	0,93	0,73	0,73	4%
Produtividade caminhão	0,4	0,79	0,6	0,74	0,68	1,72	1	0,55	0,44	0,61	0,65	0,65	0,6	0,44	0,83	0,51	0,6	0,6	3%
Velocidade operação equipamento	0,49	1,17	0,68	1,09	1,17	1,37	1,81	1	0,5	0,52	0,68	0,79	0,6	0,85	2,09	0,76	0,55	0,76	4%
Quantidade TEUs movimentados	0,79	2,45	1,17	2,11	2,19	1,72	2,27	2,02	1	2,27	2,27	3,23	2,36	3	4,47	4,26	2,45	3,35	11%
Perda / dano contêiner	0,46	1,58	0,81	1,66	1,57	0,96	1,64	1,92	0,44	1	0,92	1,03	0,85	1,16	2,02	1,16	0,75	0,64	5%
Lidando com demanda de volume	0,39	2,02	0,58	1,32	2,27	2,54	1,54	1,47	0,44	1,09	1	1,54	1,47	1,42	2,73	2,02	1,47	1,72	7%
Tempo espera caminhões	0,65	0,98	0,44	0,86	1,23	0,99	1,54	1,26	0,31	0,98	0,65	1	0,68	0,79	1,94	0,79	0,6	0,51	4%
Tempo médio operação	0,44	1,26	0,54	1,37	1,81	1,66	1,66	1,66	0,42	1,17	0,68	1,47	1	2,04	3,35	2,27	1,26	1,47	6%
Tempo viagem caminhão	0,47	0,58	0,51	1,09	1,81	1,26	2,27	1,17	0,33	0,86	0,7	1,26	0,49	1	2,19	0,79	0,6	0,7	4%
Tempo espera equipamento	0,29	0,68	0,31	0,68	1,05	0,58	1,2	0,48	0,22	0,5	0,37	0,51	0,3	1,26	1	0,42	0,26	0,36	3%



Tempo permanência caminhões externos	0,6	0,98	0,43	1,44	1,05	1,08	1,94	1,32	0,23	0,86	0,5	1,26	0,44	1,66	2,36	1	0,26	0,27	4%
Horário atracação navio	0,43	1,13	0,54	1,17	1,32	1,37	1,66	1,81	0,41	1,34	0,68	1,66	0,79	1,42	3,82	3,92	1	1,54	6%
Tempo médio espera navio	0,53	1,17	0,39	0,93	1,54	1,37	1,66	1,32	0,3	1,56	0,58	1,94	0,68	1,42	2,79	3,64	0,65	1	6%

\*CI= 0,047; RI(15) = 1,59; CR = 0,03. Fonte: Autores

A segunda dimensão são os indicadores de custos operacionais, conforme Tabela 4. O investimento em infraestrutura (29%) foi o principal relevante segundo especialistas. Os portos marítimos exigem investimentos significativos em infraestrutura para manter e atualizar suas instalações, equipamentos e tecnologias para atender à crescente demanda por serviços de transporte marítimo. Tais investimentos podem ajudar a reduzir o congestionamento portuário, aumentar a capacidade de manuseio, melhorar o manuseio e armazenamento de carga e melhorar o desempenho geral do porto (Munim & Schramm 2018). Os outros indicadores classificados foram custos operacionais (27%) e mão de obra (25%). Esse resultado sinaliza que os gestores portuários estão cientes do impacto que os custos operacionais e de mão de obra podem causar na competitividade portuária. Pensando nisso, muitos portos estão investindo em novos equipamentos, tecnologias, principalmente os portos automatizados (Kim, Kim, & Kang, 2022).

**Tabela 4.** Matriz de preferência dos indicadores de custos operacionais

Custos Operacionais	Custo força de trabalho	Custos Operacionais	Custos de manutenção	Investimento em infraestrutura	Classificar
Custo força de trabalho	1	1	1,37	0,79	25%
Custos Operacionais	1	1	1,35	1,12	27%
Custos de manutenção	0,73	0,74	1	0,62	19%
Investimento em infraestrutura	1,26	0,9	1,6	1	29%

\*CI= 0,0041; RI(4) = 0,9; CR = 0,0046. Fonte: Autores

Em seguida focalizou-se em ordenar os indicadores de equipamentos e infraestruturas, conforme apresenta a Tabela 5. O indicador mais relevante foi a quantidade de STS/guindastes (22%) e calado e comprimento do cais (21%). Uma quantidade maior de guindastes STS pode aumentar a capacidade de manuseio do porto, reduzir o tempo de espera da embarcação e melhorar a produtividade geral do terminal. O calado e o comprimento também são importantes, pois determinam o tamanho das embarcações que podem entrar e sair do porto, portos com calados mais profundos podem acomodar embarcações maiores, o que pode resultar em economia de escala, menores custos de transporte e aumento da competitividade. Finalmente, o comprimento do cais determina o número de berços disponíveis para as embarcações e também pode impactar na capacidade de movimentação e produtividade (Bierwirth & Meisel, 2010).



**Tabela 5.** Matriz de preferência de equipamentos e indicadores de infraestrutura

Equipamentos e infraestrutura	Conectividade intermodal	Quantidade plugues frigoríficos	Distância berço ao pátio	Calado e extensão cais	Quantidade STS/guindastes	Quantidade caminhões	Equipamentos adicionais	Classificar
Conectividade intermodal	1	1,12	0,51	0,27	0,26	0,35	0,38	6%
Quantidade plugues frigoríficos	0,9	1	0,46	0,26	0,34	0,39	0,34	6%
Distância berço ao pátio	1,68	2,19	1	0,5	0,46	0,46	0,43	10%
Calado e extensão do cais	3,69	3,92	1,99	1	1,08	1,26	1,08	21%
Quantidade STS/guindastes	3,88	2,97	2,17	0,93	1	1,26	1,58	22%
Quantidade caminhões	2,86	2,54	2,33	0,79	0,79	1	1,37	18%
Equipamentos adicionais	2,63	2,97	2,51	0,93	0,63	0,73	1	17%

\*CI= 0,012; RI(4) = 1,35; CR = 0,009. Fonte: Autores

Em relação à dimensão pátio/capacidade/ocupação, o principal indicador foi ocupação do pátio (28%) e capacidade (23%), conforme Tabela 6. É necessária capacidade de pátio adequada para acomodar o volume de contêineres movimentados pelo terminal, enquanto eficiente a ocupação do pátio é necessária para otimizar o uso do espaço disponível e minimizar o tempo e o custo das movimentações de contêineres. Assim, gerenciar a capacidade e a ocupação do pátio são essenciais para reduzir o congestionamento, melhorar o rendimento e melhorar o desempenho geral de um terminal de contêineres (Lee & Kim, 2013). Por fim, observamos que os indicadores relativos ao armazém foram os de menor relevância, o que indica que o serviço de armazenamento da carga desagregada não é um ponto crítico para os portos brasileiros.

**Tabela 6.** Matriz de preferência de indicadores de capacidade de pátio/armazém/ocupação

Capacidade ocupação pátio / armazém	Ocupação pátio	Ocupação armazém	Capacidade pátio	Capacidade armazenamento	Capacidade armazenamento	Capacidade armazenamento	Classificar
Ocupação do pátio	1	3,92	1,47	2,66	2,02	1,79	28%
Ocupação do armazém	0,26	1	0,34	0,85	0,29	0,3	6%
Capacidade do pátio	0,68	2,97	1	3,6	1,54	1,32	23%
Capacidade de armazenamento	0,38	1,17	0,28	1	0,46	0,44	8%
Capacidade de armazenamento	0,5	3,47	0,65	2,19	1	0,79	16%
Capacidade de armazenamento	0,56	3,35	0,76	2,27	1,26	1	18%

\*CI= 0,014; RI(7) = 1,24; CR = 0,011. Fonte: Autores

Os últimos indicadores foram da dimensão manutenção de equipamentos, conforme Tabela 7. O indicador mais relevante foi a confiabilidade operacional (59%). Um terminal confiável garante que a carga seja entregue no prazo e em boas condições, o que é essencial para atender às necessidades dos clientes e manter sua confiança. Isso requer uma gestão eficiente e eficaz de todas as operações do terminal, especialmente a manutenção dos equipamentos. Ao garantir a confiabilidade operacional, os terminais de contêineres podem reduzir o risco de atrasos e interrupções, aumentar o rendimento e a produtividade e melhorar sua reputação e posição no mercado.



**Tabela 7.** Matriz de preferência dos indicadores de manutenção de equipamentos

Manutenção equipamentos	Confiabilidade operacional	Disponibilidade equipamentos	Confiabilidade equipamentos	Classificar
<b>Confiabilidade operacional</b>	1	3,08	2,73	<b>59%</b>
Disponibilidade equipamentos	0,32	1	1,17	21%
Confiabilidade equipamentos	0,37	0,85	1	20%

\*CI= 0,0043; RI(3) = 0,58; CR = 0,0074. Fonte: Autores

A Tabela 8 destaca a seguir os 3 indicadores operacionais mais relevantes de cada dimensão. A principal contribuição desse tipo de indicador é que ele pode ser usado em outros problemas multicritério como pesos para a análise Inter critério. Além disso, considerando a quantidade de dados e indicadores que devem ser gerenciados em um terminal de contêineres, um conjunto mais específico de indicadores (os mais relevantes) é relevante para os gestores, destacando aqueles que eles devem ter em mente, a fim de se tornar mais competitivos.

Por fim, os indicadores operacionais fornecem uma medida quantitativa do desempenho de vários aspectos das operações do terminal, incluindo operações de embarcações, operações de pátio, manutenção de equipamentos e coordenação da cadeia de suprimentos. Ao rastrear esses indicadores, os gerentes de terminal podem identificar áreas de fraqueza e tomar medidas corretivas para melhorar o desempenho. Os indicadores operacionais também ajudam a garantir que as operações do terminal estejam alinhadas com as necessidades dos clientes, fornecendo serviços oportunos e confiáveis que atendam às suas expectativas (Rodrigues et al. 2021). Assim, a gestão de terminais de contêineres por meio de indicadores operacionais é fundamental para melhorar o desempenho, reduzir custos e manter a competitividade no mercado.

**Tabela 8.** Classificação das dimensões e indicadores operacionais

Dimensão Operacional	Preferência Relativa	Indicador Operacional	Preferência Relativa
Produtividade	37%	Quantidade de TEUs movimentados	11%
		Produtividade de carga/descarga de navios	11%
		Quantidade de TEUs movimentados	8%
Custos operacionais	24%	Investimento em infraestrutura	29%
		Custo operacional	27%
		Custo da força de trabalho	25%
Equipamentos e infraestrutura	15%	Quantidade de STS/guindastes	22%
		Calado e comprimento do cais	21%
		Quantidade de caminhões	18%
Capacidade/ocupação do pátio/armazém	13%	Ocupação do pátio	28%
		Capacidade do pátio	23%
		Tempo de permanência do contêiner no terminal	18%
Manutenção de Equipamento	10%	Confiabilidade operacional	59%
		Disponibilidade de equipamentos	21%
		Confiabilidade do equipamento	20%

Fonte: Autores

## 6. CONCLUSÃO

Em conclusão, este estudo teve como objetivo identificar os indicadores operacionais de terminais de contêineres e determinar/classificar sua relevância. Com isso em mente, encontramos pela primeira vez na literatura um conjunto de 38 indicadores operacionais, divididos em 5 dimensões operacionais. Pelo nosso instrumento de pesquisa, os indicadores



foram comparados par a par de acordo com a preferência de 7 gestores de portos marítimos, sendo possível classificá-los pelo método AHP.

Como contribuições práticas e gerenciais constatamos que os indicadores de desempenho (produtividade) parecem ser os mais relevantes para os tomadores de decisão. Esses indicadores ajudam a identificar áreas que precisam de melhorias, reduzindo custos operacionais, aumentando a produtividade e melhorando a satisfação do cliente. O segundo mais importante foi o “custo operacional”. Ao gerenciar e reduzir os custos operacionais, os terminais de contêineres podem aumentar sua lucratividade, manter a competitividade no mercado e fornecer serviços econômicos a seus clientes. Assim, esta pesquisa constatou que, ao rastrear e analisar os indicadores operacionais, os terminais de contêineres podem tomar decisões informadas e implementar estratégias para aprimorar suas operações, principalmente com foco nos principais indicadores relevantes a serem rastreados.

O legado desta pesquisa reside na simplificação de indicadores operacionais para a gestão de terminais portuários, o que pode ter um impacto significativo na eficiência e competitividade dessas instalações. Ao sinalizar os principais indicadores, os gestores portuários podem focar mais nos fatores críticos para a operação portuária, como volume de contêiner, produtividade dos equipamentos, investimento em infraestrutura, ocupação do pátio, etc. Esse foco maior pode levar a uma maior eficiência operacional e, em última análise, a uma melhor competitividade para o porto marítimo no mercado regional e global. Além do conjunto de indicadores operacionais, esta pesquisa encontrou a preferência relativa/pesos dos mesmos. Essa informação é útil para métodos de multicritérios, principalmente para a etapa Inter critérios. Dessa forma, os resultados desta pesquisa poderão ser aplicados em outros problemas de decisão, agregando alternativas a serem avaliadas pelos critérios de indicadores operacionais como escolha de porto marítimo para clientes e escala de porto marítimo para transportadores de navios. Pensando nisso, o próximo passo desta pesquisa diz respeito ao problema de escolha de portos marítimos, utilizando os critérios Inter critérios para ordenar ou classificar alternativas de portos marítimos em uma região delimitada, auxiliando os clientes na escolha de seu operador logístico.

## REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Transportes Aquaviários. (2022). *Estatísticas*. Recuperado de <https://web3.antaq.gov.br/ea/smartphone/pages/movContainer/movContainer.html>
- Agência Nacional dos Transportes Ferroviários. (2019). *The Brazilian Rail Freight Sector*. Recuperado de <https://www.antf.org.br/informacoes-gerais/>
- Al-Eraqi, A., Mustafa, A., & Khader, A. (2010). An extended DEA windows analysis: Middle East and East African seaports. *Journal of Economic Studies*, 37(2), 208-218. <https://doi.org/10.1108/01443581011043591>
- Bierwirth, C. & Meisel, F. (2010). A survey of berth allocation and quay crane scheduling problems in container terminals. *European Journal of Operational Research*, 202(3), 615-627. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.031>
- Božičević, J., Lovrić, I., Bartulović, D., Steiner, S., Roso, V., & Škrinjar, J. (2021). Determining Optimal Dry Port Location for Seaport Rijeka Using AHP Decision-Making Methodology. *Sustainability*, 13, 6471. <https://doi.org/10.3390/su13116471>
- Caggiani, L., Iannucci, G., Ottomanelli, M., Tangari, L., & Sassanelli, D. (2012). A fuzzy data meta training system for ranking hub container terminals. *European Transport*, 51(4), 1-16.
- Carteni, A. & Luca, S. (2012). Tactical and strategic planning for a container terminal: Modelling issues within a discrete event simulation approach.



- Simulation Modelling Practice and Theory*, 21, 123-145. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2011.10.005>
- Cruz, M., Ferreira, J., & Azevedo, S. (2013). Key factors of seaport competitiveness based on the stakeholder perspective: An Analytic Hierarchy Process (AHP) model. *Maritime Economics & Logistics*, 15, 416-443. <https://doi.org/10.1057/mel.2013.14>
- Almeida, A., de. (2013). Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas.
- Drucker, P. (1954). *The practice of management*. New York: Harper & Row.
- Fazi, S. & Roodbergen, K. (2018). Effects of demurrage and detention regimes on dry-port-based inland container transport. *Transp. Res. Part C*, 89, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.01.012>
- Felicio, J., Caldeirinha, V., & Dionísio, A. (2014). The effect of port and container terminal characteristics on terminal performance. *Maritime Economics & Transportation*, 17, 493-514. <https://doi.org/10.1057/mel.2014.33>
- Feng, M., Mangan, J., & Lalwani, C. (2012). Comparing port performance: Western European versus Eastern Asian ports. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(5), 490-512. <https://doi.org/10.1108/09600031211246537>
- Gonçalves, W., Rocha, A., Zatta, F., & Santos, D. (2021). Analytic hierarchy process (AHP) e a definição de atributos para apoio a tomada de decisão: uma análise bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 7(5), 103-118. <https://doi.org/10.47456/bjpe.v7i5.36744>
- Ha, M. & Yang, Z. (2017). Comparative analysis of port performance indicators: Independency and interdependency. *Transportation Research Part A*, 103, 264-278. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.06.013>
- Ha, M., Yang, Z., Notteboom, T., Ng, A., & Heo, M. (2017). Revisiting port performance measurement: A hybrid multi-stakeholder framework for the modelling of port performance indicators. *Transp. Res. Part E*, 103, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2017.04.008>
- Haralambides, H. (2019). Gigantism in Container Shipping, Ports and Global Logistics: A Time-Lapse into the Future. *Maritime Economics and Logistics*, 21, 1-60. <https://doi.org/10.1057/s41278-018-00116-0>
- Hauser, J. & Katz, G. (1998). Metrics: You Are What You Measure! *European Management Journal*, 16(5), 517-528. [https://doi.org/10.1016/S0263-2373\(98\)00029-2](https://doi.org/10.1016/S0263-2373(98)00029-2)
- Huang, W., Wang, J., Kuo, T., & Wu, C. (2010). A Research on the Improvement Strategy on the Operation performance of Container Terminal. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 9, 2256-2271.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2020). *Projections of the population in Brazil*. Recuperado de <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>
- Jamain, R., Zakaria, R., & Satar, N. (2023). Asian port performance dimensions and analysis: a systematic literature review. *International Journal of Professional Business Review*, 8, 1-37. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2023.v8i1.1165>
- Jiang, J., Lee, L., Chew, E., & Gan, C. (2015). Port connectivity study: An analysis framework from container liner shipping network perspective. *Transportation Research Part E*, 73, 47-64. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.10.012>
- Júnior, R. (2008). *Hierarquização dos Indicadores de Desempenho da Qualidade Aplicada aos Terminais Portuários de Movimentação de Contêineres* (Dissertação de Mestrado). Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil.
- Kaplan, R. & Norton, D. (1992). The Balanced Scorecard: Measures that drive performance. *Harvard Business Review*, 5(3), 71-79.
- Keeney, R. L. (1992). *Value-focused thinking: A path to creative decision making*. Cambridge: Harvard University Press.
- Khaslavskaya, A. & Roso, V. (2020). Dry ports: research outcomes, trends, and future implications. *Maritime Economics and Logistics*, 22, 265-292. <https://doi.org/10.1057/s41278-020-00152-9>
- Kim, B., Kim, G., & Kang, M. (2022). Study on Comparing the Performance of Fully Automated Container Terminals during the COVID-19 Pandemic. *Sustainability*, 14, 9415. <https://doi.org/10.3390/su14159415>
- Lam, J. & Song, D. (2013). Seaport network performance measurement in the context of global freight supply chains. *Polish Maritime Research*, 20, 47-54. <https://doi.org/10.2478/pomr-2013-0026>
- Lamii, N., Bentaleb, F., Fri, M., Mabrouki, C., & Semma, E. (2022). Use of DELPHI-AHP Method to Identify and Analyze Risks in Seaport Dry Port System. *Transactions on Maritime Science*, 11, 185-206. <https://doi.org/10.7225/toms.v11.n01.w12>
- Largen, P., & Sharypova, K. (2013). Intermodal connectivity as a port performance indicator. *Research in Transportation Business & Management*, 8, 97-102. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2013.06.003>
- Lee, B. & Kim, K. (2013). Optimizing the yard layout in container terminals. *OR Spectrum*, 35(2), 363-398. <https://doi.org/10.1007/s00291-012-0298-z>



- Mahtani, U. & Garg, C. (2018). An analysis of key factors of financial distress in airline companies in India using fuzzy AHP framework. *Transportation Research Part A*, 117(C), 87-102. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.08.016>
- Mauboussin, M. (2012). The true measures of success. most companies use the wrong performance metrics. don't be one of them. *Harvard Business Review*, 90(10), 4-10.
- Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. (2021). *Import and export general data*. Recuperado de <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>
- Moya, J. & Valero, M. (2016). Port choice in container market: a literature review. *Transport Reviews*, 37, 300-321. <https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1231233>
- Munim, Z. & Schramm, H. (2018). The impacts of port infrastructure and logistics performance on economic growth: the mediating role of seaborne trade. *Journal of Shipping and Trade*, 3, 1-16. <https://doi.org/10.1186/s41072-018-0027-0>
- Niedritis, A., Niedrite, L., & Kozmina, N. (2011). Performance measurement framework with formal indicator definitions. *Perspectives in Business Informatics Research*, 90, 44-58. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-24511-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-24511-4_4)
- Nosal, K. & Solecka, K. (2014). Application of AHP Method for Multi-criteria Evaluation of Variants of the Integration of Urban Public Transport. *Transportation Research Procedia*, 3, 269-278. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.006>
- Pun, K. & Nurse, A. (2010). Adopting quality management principles to revitalise the facilities maintenance practices at a port: A study in Trinidad and Tobago. *Asian Journal on Quality*, 11(3), 197-209. <https://doi.org/10.1108/15982681011093961>
- Rashidi, H. & Tsang, E. (2013). Novel constraints satisfaction models for optimization problems in container terminals. *Applied Mathematical Modelling*, 37, 3601-3634. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2012.07.042>
- Rezaei, J. & Ortt, R. (2013). Supplier segmentation using fuzzy logic. *Industrial Marketing Management*, 42(4), 507-517. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2013.03.003>
- Rios, C. & Sousa, R. (2014). Cluster analysis of the competitiveness of container ports in Brazil. *Transportation Research Part A*, 69, 423-431. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.09.005>
- Rodrigues, T., Mota, C., Pinto, D., & Araújo, A. (2021). *Identifying the factors engaged in customers' choice to operate through dry port or seaport* [Anais do International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management]. IJCIEOM 2021, Rio de Janeiro, Brasil.
- Saaty, T. (1987). The Analytic Hierarchy Process: What it is and how it is used. *Math Modelling*, 9(3), 161-176.
- Saaty, T. (1994). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. 1 ed. Pittsburgh: Hardcopy.
- Saaty, T. (2012). *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decision in a Complex World*. 3 ed. Pittsburgh: RWS Publication.
- Saaty, T. & Alexander, J. (2013). *Conflict Resolution: The Analytic Hierarchy Approach*. Pittsburgh: RWS Publication.
- Simoni, M., Schiavone, F., Risitano, M., Leone, D., & Chen, J. (2022). Group-Specific Business Process Improvements via a Port Community System: The Case of Rotterdam. *Production Planning and Control*, 33(4), 371-385. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1824029>
- Subramian, N. & Ramanathan, R. (2012). A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. *Int. J. Production Economics*, 138, 215-241. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.03.036>
- Talley, M. & Ng, M. (2013). Maritime transport chain choice by carriers, port and shippers. *Int. J. Production Economics*, 142, 311-316. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.11.013>
- Tapia, R., Zárate, C., Esteban, A., Vieira, G., & Senna, L. (2014). Proposición y Evaluación de Indicadores de Movimiento de Carga para el puerto de Mar Del Plata. *Espacios*, 35(11), 9-21.
- Tran, N., Haasis, H., & Buer, T. (2017). Container Shipping Route Design Incorporating the Costs of Shipping, Inland/Feeder Transport, Inventory and CO2 Emission. *Maritime Economics and Logistics*, 19(4), 667-694. <https://doi.org/10.1057/mel.2016.11>
- Tranfield, D., Deyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, 14(3), 207-222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- United Nations Conference on Trade and Development. (2019). *Review of maritime transport*. Recuperado de [https://unctad.org/en/Pages/Publications/Review-of-Maritime-Transport-\(Series\).aspx](https://unctad.org/en/Pages/Publications/Review-of-Maritime-Transport-(Series).aspx)
- Vaidya, O. & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169, 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- Yeo, G., Roe, M., & Dinwoodie, J. (2011). Measuring the competitiveness of container ports: logisticians' perspectives. *European Journal of Marketing*, 45(3), 455-470. <https://doi.org/10.1108/03090561111107276>

