

EFICIÊNCIA E GOVERNANÇA PORTUÁRIA: EVIDÊNCIA DO SISTEMA PORTUÁRIO BRASILEIRO

EFFICIENCY AND PORT GOVERNANCE: EVIDENCE FROM THE BRAZILIAN PORT SYSTEM

Erivelto Fioresi de Sousa* E mail: erivelto.sousa@ifes.edu.br
Adolpho Olimpio dos Santos Filho* E mail: adolpho.filho@ifes.edu.br
Flavia Bonella Ribeiro Ramos* E mail: flavia.bonella@ifes.edu.br
Ricardo Augusto Gomes e Souza** E mail: raugustogsouza@gmail.com
Valdir Cardoso Junior** E mail: vcjunior76@gmail.com

* Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus Cariacica, ES

** Faculdades Integradas Espírito Santenses - Instituto Superior de Educação

Resumo: Dada a importância dos portos brasileiros para o desenvolvimento da economia nacional, o presente trabalho buscou avaliar a eficiência dos portos brasileiros em função do sistema de governança portuária. Para tal, avaliou-se a eficiência portuária através da Análise Envoltória de Dados (DEA) orientada a insumos. Foram considerados tanto retornos de escala constantes como retornos variáveis. Os resultados apontam que a eficiência portuária, considerando o tempo de espera dos navios para atracação, é reduzida, indicando a necessidade de investimentos tanto em termos estruturais como na relação entre os atores envolvidos nas operações portuárias.

Palavras-chave: Portos. Eficiência portuária. Governança portuária. Gestão portuária.

Abstract: Based on the importance the Brazilian Ports have for the national economy, this research aims to assess the efficiency of the Brazilian ports in terms of the port governance system. We evaluated the port efficiency through Data Envelopment Analysis (DEA) aimed to inputs. It was considered not only the steady schedule return but also the variable return. The outcomes highlighted that the port efficiency considering the waiting time from the ships spend to dock is reduced pointing the needs to invest not only in terms of structural issues but also the relation among the professional involved in the port operations.

Keywords: Seaports. Port efficiency. Port governance. Port management.

1 INTRODUÇÃO

Os portos constituem importantes elementos de desenvolvimento para a economia de um país, uma vez que são as principais portas de entrada e saída de mercadorias no comércio exterior (SOUSA JUNIOR *et al.*, 2008). No Brasil, a estrutura portuária foi responsável por 98% (noventa e oito por cento) das exportações de 2013 (AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS, 2013a), tendo movimentado 931 milhões de toneladas, dos quais os portos organizados (públicos) foram res-

ponsáveis por 338,3 milhões de toneladas (AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS, 2013b) destacando a importância do setor portuário para o desenvolvimento da economia brasileira.

Dessa forma, monitorar e comparar a eficiência de um porto com outro, tem se tornado uma essencial parte de programas de reforma da microeconomia de muitos países (TONGZON, 2001). Nesse sentido, a análise da eficiência contribui para a melhoria do sistema logístico brasileiro, uma vez que os portos são elos da cadeia de transporte e tem a função de promover a integração entre sociedades com diferentes bens e ainda movimentar a economia global (SOUSA JUNIOR et al., 2008).

A operação portuária não deve ser analisada no ambiente operacional interno considerando apenas o porto em si (DE LANGEN, 2004), mas dentro de um contexto de cadeia logístico-portuária (MILAN; VIEIRA, 2011). As atividades portuárias, portanto, geram interesse e impactam o conjunto de atores envolvidos no processo e a performance portuária é uma função da interação desses atores (MILAN; VIEIRA, 2011). A essas relações e o seu mecanismo de coordenação, a literatura chama de governança portuária (DE LANGEN, 2004).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho portuário, em termos da eficiência relativa, considerando como indicadores de governança portuária os tempos médios de espera dos navios nos portos. Para tal, foram estabelecidos alguns objetivos específicos: i - analisar os indicadores de resultados da governança portuária, os tempos médios (disponíveis na base da Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ); ii - analisar a eficiência através da Análise Envoltória de Dados (DEA - *Data Envelopment Analysis*).

A falta de estrutura e ações de governança traz repercussão nos elementos e resultados dessa governança, o que gera falta de coordenação entre os atores e os fluxos logístico-portuários, aumentando os *dwell time* (tempo que os navios ficam esperando para atracar e iniciar as operações no porto) e nos custos para navios e contêineres (VIEIRA, 2013). Assim, o presente estudo pretende contribuir com a literatura existente no âmbito dos estudos da governança e *performance* portuária no Brasil e ampliar os conceitos no que diz respeito a estratégias de melhoria da eficiência dos portos públicos brasileiros. Ressalta-se ainda que, a maioria dos trabalhos existentes faz uma análise da eficiência apenas de terminais especializados em movimentação de contêineres (BERTOLOTO; MELLO, 2011), enquanto o presente trabalho investiga

a eficiência para os demais grupos de cargas movimentadas (carga geral solta, granel líquido e sólido).

O restante do trabalho está estruturado como segue: a sessão dois apresenta uma revisão da literatura sobre portos, eficiência e governança portuária; a terceira sessão descreve o método e a amostra utilizados na pesquisa; a quarta sessão discute os resultados obtidos pelo modelo aplicado e; as considerações finais da pesquisa são apresentadas na sessão final.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta sessão, são apresentados os conceitos de eficiência e governança portuária e uma discussão teórica desses conceitos e o desempenho portuário e a importância econômica dos portos.

2.1 Os portos e o desenvolvimento econômico

O comércio internacional apresentou um crescimento de 2,2% em 2013 e mantém um crescimento persistente, superior ao crescimento da economia mundial desde 1990 (ORGANIZAÇÃO MUNDIA DO COMÉRCIO, 2014), motivado principalmente pela globalização que provocou mudanças no mercado mundial integrando as nações e impactando no fluxo de comércio de capital. Influenciado por esse fenômeno, segundo Monié e Vidal (2006), o transporte marítimo é impulsionado por conta da integração da cadeia de produção global, demandando expansão de rotas marítimas mundiais e escalas, além do aumento da capacidade operacional dos navios.

Nesse contexto, os portos figuram como elementos de grande importância para a economia de um país, uma vez que são as principais portas de entrada e saída para o comércio exterior (GOMES; DOS SANTOS; COSTA, 2013). No Brasil, a maior parte das exportações é realizada por vias marítimas, o que confere importância fundamental à qualidade dos serviços portuários prestados (MARCHETTI; PASTORI, 2006). Salienta ainda Marchetti e Pastori (2006), que se torna ainda mais relevante a eficiência dos portos brasileiros dado o crescimento das exportações.

Como forma de promover maior eficiência e competitividade dos portos brasileiros, o governo promoveu alterações na legislação (LEI 8.630/93, primeiro marco

regulatório do setor portuário revogada pela LEI 12.815/2013) para incentivar a participação da iniciativa privada nas operações portuárias e consequente afastamento do Estado, levando o setor portuário brasileiro figurar com um modelo de gestão público/privado. No entanto, há ainda elementos que dificultam o aumento da competitividade no setor e a participação do setor privado, como indefinições legais de competências entre a administração e autoridade portuária (DE BRITTO et al., 2015; NETO; FREITAS, 2015).

2.2 Eficiência

O conceito de eficiência possui na literatura certa unanimidade ao tratá-la como o resultado da relação entre insumos e produto, considerando que eficiência é a relação ótima entre consumo de certa quantidade de insumos para produção de certa quantidade de produtos. Pode-se produzir maior quantidade de produto final com certa quantidade de insumo, ou ainda, com determinada quantidade de insumos disponíveis, alcançarem uma produção de maior quantidade de produtos, do que normalmente se conseguiria com o mesmo nível de recursos existentes (LOVELL, 1993; MELLO; MEZA; GOMES; NETO, 2005).

Estudos como de Farrel (1957) afirma que a eficiência técnica reflete quão hábil a empresa é em obter produção máxima com dada quantidade de insumos. Nesse contexto, surge o conceito de produtividade, definida como a relação entre o produzido e os insumos necessários para produção (DA SILVA; MARTINS; ROCHA; ARAÚJO, 2011). Coelli, Rao, O'Donnell e Battese (2005) afirmam que um crescimento na produtividade pode ocorrer em consequência das melhorias em eficiência, mudanças técnicas ou econômicas de escala ou ainda uma combinação destes fatores.

O nível de eficiência portuária influencia diretamente na competitividade do país, afetando diretamente o nível das tarifas portuárias (GONZÁLEZ; TRUJILLO, 2009). Segundo Falcão e Correia (2012), a eficiência portuária é uma preocupação crescente, sobretudo por conta do “Custo Brasil” que afeta diretamente na competitividade e na eficiência da indústria nacional, além de sofrer forte influência de problemas relacionados aos portos.

Essa preocupação com a eficiência portuária tem atraído a atenção de pesquisadores, que têm investigado a eficiência dos portos brasileiros e de importantes portos ao redor do mundo (ACOSTA; SILVA; LIMA, 2011; BERTOLOTO; MELLO, 2011; BICHOU; GRAY, 2004; LANGEN; NIJDAM; VAN DER HORST, 2007; GONZÁLEZ; TRUJILLO, 2009; SERRANO; CASTELLANO, 2003). Segundo Falcão e Correia (2012), os estudos sobre eficiência portuária seguem basicamente duas metodologias, a Análise Envoltória de Dados (DEA), teste não paramétrico que avalia a eficiência relativa dos portos, e as fronteiras estocásticas (SFA – *Stochastic Frontier Analysis*) que consideram a eficiência técnica ou econômica dos portos. O presente trabalho avalia a eficiência dos portos públicos brasileiros com a aplicação da metodologia DEA.

2.3 Governança e desempenho portuário

Conforme aponta Vieira *et al.* (2014) a governança pode ser entendida sob diversos aspectos; como um padrão de comportamento do estado ou de empresas, definida como governança corporativa; e como a coordenação das transações entre atores pertencentes a uma aglomeração empresarial. No que diz respeito aos portos, precisa-se distinguir a governança da autoridade portuária, intimamente ligada às questões de governança corporativa, e a governança portuária, mais relacionada à governança da aglomeração empresarial, que abrange desde o porto até os diversos atores envolvidos na operação portuária (DE LANGEN, 2006, p. 458).

Nesse sentido, Vieira *et al.* (2011) reforçam a argumentação de que a gestão portuária não deve considerar apenas o porto em si, mas levar em consideração o conjunto de atores que realizam atividades direta ou indiretamente relacionadas aos portos. Segundo Vieira, Kliemann Neto e Monfort-Mulinas (2013, p. 6), “o conceito de governança repousa na ideia de que a eficiência não emerge espontaneamente, sendo necessário um ‘modelo de governança’ para favorecer a referida eficiência, mediante a coordenação dos atores e das atividades logístico-portuárias”. Os autores afirmam que o objetivo final da governança portuária, em função de um modelo de governança, é promover a *performance* de toda a cadeia logístico-portuária. Dessa forma, o estabelecimento de um modelo de governança portuária capaz de maximizar a eficiência do sistema portuário é fundamental, uma vez que a eficiência do porto é

um fator de escolha presente tanto nas escolhas dos armadores, como dos exportadores, importadores ou agentes de cargas (VIEIRA *et al.*, 2013).

Na literatura são encontrados diversos modelos de governança portuária, alguns com foco na estrutura de governança e nas funções portuárias decorrentes da governança, além da classificação portuária e, outros de forma incipiente, abordando a *performance* da operação portuária (WORLD BANK, 2001; BROOKS; CULLINANE, 2006; BROOKS; PALLIS, 2008; VERHOEVEN, 2010).

Vieira, Kliemann Neto e Mulinas (2013) propuseram um modelo de governança portuária apoiado na lógica de que os resultados da governança indicam a necessidade de estabelecimento de ações de governança, com vistas à coordenação dos atores e a melhoria das atividades da cadeia logístico-portuária, condicionados à estrutura da governança existente. Este modelo, diferentemente dos outros existentes, leva o foco aos resultados da governança com maior grau de coordenação entre os atores da cadeia logístico-portuária, nível de eficiência e de eficácia das operações (VIEIRA *et al.*, 2013).

Segundo Vieira (2013), como resultados de governança da cadeia logístico-portuária, destaca-se a relevância dos custos e dos *dwell times*, dado que a falta de coordenação entre os atores, originada da estrutura e das ações de governança existentes, podem levar a uma falta de sincronismo entre os fluxos físicos e informacionais, ocasionando um aumento no tempo de permanência dos navios nos portos e consequentemente, dos custos associados às operações.

Para Vieira (2013), no Brasil há poucos mecanismos de coordenação entre os atores que compõe a cadeia logístico-portuária, provocando consequentemente, o aumento dos custos e do tempo de permanência dos navios. A Secretaria Especial de Portos da Presidência da República (SEP/PR) implantou o conceito de janela única com o sistema informatizado Porto Sem Papel (PSP) como instrumento para aprimorar a coordenação entre os entes envolvidos nas operações portuárias (BRASLOG, 2010; BRASIL, 2013). Entretanto, segundo Sousa e Guimarães (2016), o PSP não apresenta relação direta com os tempos de espera dos navios nos portos brasileiros, tendo reflexos apenas no nível de burocracia e excesso de trabalho para alguns entes da cadeia logístico-portuária.

Nesse ambiente, Vieira *et al.* (2014), destaca que o governo, através da autoridade portuária (responsável pela gestão do porto) exerce papel fundamental na governança da cadeia logístico-portuária, pois conhece mais precisamente suas necessidade e é capaz de atuar de forma mais efetiva com os seus atores.

3 MÉTODO

Quanto aos seus objetivos, o presente estudo é classificado como exploratório, dado que apresenta o intuito de explorar os conceitos de gestão e governança portuária com a finalidade investigar a relação entre governança portuária e desempenho nos portos públicos brasileiros.

Foram levantados os indicadores de tempos médios de espera para atracação e tempo médio atracado, os *dwell times*, utilizados como indicadores de governança portuária. As definições destas variáveis estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Definição das variáveis tempos médios

Variáveis	Definição
Tempo Médio de Espera p/ Atracação	É o indicador que corresponde à divisão do tempo de espera em horas (diferença entre a data/hora de atracação e a data/hora de chegada à área de fundeio) e o número de embarcações para cada porto/instalação portuária, terminal, berço ou grupo de carga.
Tempo Médio Atracado	É o indicador que corresponde à divisão do tempo total atracado em horas (diferença entre a data/hora de desatracação e a data/hora de atracação da embarcação no porto/instalação) e o número de embarcações para cada porto/instalação portuária, terminal, berço ou grupo de carga.

Fonte: SIG – Sistema de Informações Gerenciais da ANTAQ

Para o alcance do objetivo da pesquisa, foi selecionada a amostra que compreende os portos públicos brasileiros e identificado o tipo de carga movimentada em todos os portos. Os dados foram obtidos no sistema de informação gerencial da Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ no ano de 2015 e são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Relação dos portos públicos brasileiros e tipo de carga movimentada

PORTO	CARGA GERAL	GRANEL SÓ-LIDO	GRANEL LÍQUIDO	CONTÊINER
Angra dos Reis		X	X	
Antonina		X		
Aratu		X	X	
Areia Branca		X		
Belém	X	X	X	X
Cabedelo	X	X	X	
Forno	X			
Fortaleza	X	X	X	X
Ilhéus	X	X		
Imbituba	X	X	X	X
Itaguaí	X	X		X
Itajaí	X			X
Itaqui	X		X	X
Maceió		X	X	
Manaus	X			
Natal		X		X
Niterói	X			
Paranaguá	X	X	X	X
Pelotas		X		
Porto Alegre	X	X		
Porto Velho	X	X		X
Recife	X	X	X	
Rio de Janeiro	X	X	X	X
Rio Grande	X	X	X	X
Salvador	X	X		X
Santana		X	X	
Santarém	X	X	X	
Santos	X	X	X	X
São Francisco do Sul	X	X		X
São Sebastião	X	X		
Suape	X	X	X	X
Vila do Conde	X	X	X	X
Vitória	X	X	X	X

Fonte: SIG – Sistema de Informações Gerenciais da ANTAQ

Para análise da eficiência portuária foi aplicada uma técnica estatística não paramétrica, a DEA, baseada em programação linear. A DEA permite tratar várias entradas (*inputs*) e várias saídas (*outputs*) ao mesmo tempo, com o objetivo de analisar de forma comparativa o desempenho de unidades independentes, ou seja, a eficiência de cada unidade (MAGALHÃES DA SILVA; NEVES; GONÇALVES NETO, 2003).

O modelo foi inicialmente desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978 para determinar eficiência de escolas públicas americanas, e passou a ser conhecido como modelo CCR e pressupõe retornos constantes de escala. Em 1984 Banker, Charnes e Cooper apresentaram outro modelo DEA, denominado BCC, que possibilitava a consideração de retornos variáveis de escala (PIMENTEL; CASA NOVA, 2005).

Ressalta-se que cada um dos modelos de DEA (CCR ou BCC) pode ser desenhado de forma a maximizar a eficiência de duas maneiras, com foco na redução do consumo de insumos (*inputs*) e a manutenção do nível de produção (*outputs*), ou com foco no aumento da produção dados os níveis de insumos. Esses são conhecidos na literatura como orientado ao insumo e orientado ao produto, respectivamente (Peña, 2008). Para melhor compreensão da Análise Envoltória de Dados, é preciso detalhar alguns conceitos empregados no modelo. Esses conceitos são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Conceitos utilizados no modelo DEA

Conceitos	Explicação
Decision Making Unit (DMU)	São as unidades operacionais similares que estão sendo analisadas. Podem ser escolas (como no trabalho seminal), empresas, universidades, agências bancárias etc. É necessário que sejam homogêneas, ou seja, utilizem os mesmos recursos (<i>inputs</i>) para obter os mesmos produtos (<i>outputs</i>), variando apenas de volume ou intensidade. No presente trabalho, cada terminal portuário é considerado uma DMU.
Outputs	São os produtos (resultados) obtidos por cada uma das DMUs. São valores observados. Devem atender ao critério de quanto maior, melhor.
Inputs	São os recursos (insumos) consumidos por cada uma das DMUs na obtenção dos resultados desejados. São valores observados. Devem atender ao critério de quanto menor, melhor.
Plano de produção	São as quantidades observadas de <i>inputs</i> consumidos e <i>outputs</i> obtidos para cada DMU sob análise.
Escore de Eficiência	É o escore de eficiência calculado para cada DMU, considerando seu plano de produção, através de um programa de programação linear (PPL). O indicador varia de 0 a 1 (ou de 0 a 100%), sendo que um escore de eficiência igual a 1 identifica a unidade avaliada como eficiente em relação às demais.

Fonte: Pimentel; Casa Nova (2005)

Os modelos DEA diferem-se quanto ao tipo de orientação (orientado *inputs* ou *outputs*) e quanto às suposições sobre o retorno de escala exibido pela tecnologia de produção (SOUZA; WILHELM, 2009). No aspecto de aplicação às atividades portuárias, as pesquisas anteriores não são convergentes em relação ao retorno de escala nos terminais portuários, algumas apontam para retornos de escala constantes, enquanto outras apontam para retorno de escala crescente (COUTINHO *et al.*, 2012; CULLINANE; SONG; WANG, 2005; ITOH, 2002; MARTINEZ-BUDRIA; DIAZ-ARMAS;

NAVARRO-IBANEZ; RAVELO-MESA, 1999; SERRANO; CASTELLANO, 2003; TONGZON, 2001; VALENTINE; GRAY, 2001). Assim, para o presente estudo foram aplicadas análises com os modelos DEA-CCR e DEA-BCC. Destaca-se que na aplicação da DEA, é recomendado que a quantidade de DMUs na amostra deve ser no mínimo igual a 3 vezes o número de variáveis ou igual ao produto do número de variáveis de entrada pelo número de variáveis de saída, buscando possuir o maior número de DMUs (SILVA; MARINS; SIMÕES, 2014).

Os dois modelos DEA utilizados são orientados a insumos (inputs) que tem por objetivo a produção da mesma quantidade de produto minimizando a utilização de recursos (CORREIA; SOARES DE MELLO, 2008), dado que o objetivo é analisar a relação do tempo de espera na área de fundeio e de tempo atracado, indicadores de governança corporativa, com a produtividade que tem como indicadores a quantidade de atracções e quantidade de carga movimentada. Para tal, foi utilizada a média dos indicadores no período de análise. Assim, foram considerados *inputs* do modelo o tempo médio de espera para atracção, o tempo médio atracado, consignação média e prancha média, essas últimas, são variáveis que medem a capacidade operacional dos portos em função de sua infraestrutura e superestrutura. Como *outputs*, a quantidade de atracções e a quantidade de carga movimentada.

O modelo de DEA pode ser apresentado considerando N unidades produtoras de m quantidade de produtos y, com n quantidade de insumo x. Considerando que uma unidade qualquer o, produz y_{ro} quantidade de produtos, consumindo x_{ro} quantidade de insumos. A solução do problema envolve a atribuição de pesos para cada insumo i e para cada produto r, em que os pesos são representados por v_i e u_r respectivamente, em que a eficiência para a unidade produtiva analisada é dada por h_o (PEÑA, 2008). Desse modo, define-se a eficiência relativa da unidade como a soma ponderada dos produtos, dividida pela soma ponderada dos insumos. A tabela 4 apresenta a formulação dos modelos DEA utilizados na pesquisa.

Tabela 4 - Formulação dos modelos DEA utilizados na pesquisa

Modelo DEA-CCR orientado a <i>inputs</i>	Modelo DEA-BCC orientado a <i>inputs</i>
$\text{Max } h_o = \sum_{r=1}^m u_r y_{ro}$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^n v_i x_{io} = 1$ $\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \quad j = 1, \dots, o, \dots, N$ $u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, m; \quad i = 1, \dots, n$ <p>Onde:</p> <p>h_o = Eficiência da DMU 0; y = Número total de <i>outputs</i>; x = Número total de <i>inputs</i>; y_{rj} = Quantidade de <i>output</i> r para DMU j; x_{ij} = Quantidade de <i>input</i> r para DMU j; u_r = Peso outorgado ao <i>output</i> y; v_i = Peso outorgado ao <i>input</i> x; u_o = Fator de escala</p>	$\text{Max } h_o = \sum_{r=1}^m u_r y_{ro} - u_o$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^n v_i x_{io} = 1$ $\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - u_o \leq 0 \quad j = 1, \dots, o, \dots, N$ $u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, m; \quad i = 1, \dots, n$

As formulações dos modelos CCR e BCC, diferem-se pela variável u_o que representa os retornos variáveis de escala. Quando negativa, indica retornos crescentes; quando positiva, retornos decrescentes; e, caso seja nula, retornos constantes de escalas.

Segundo Angulo-Meza e Cunha (2006), o conjunto de pesos ótimo encontrado pelo modelo, pode ignorar variáveis que apresentam desempenho ruim atribuindo-lhe peso nulo, isso porque cada DMU tem liberdade de escolher os próprios pesos no cálculo do índice de eficiência, podendo ainda, atribuir pesos a apenas um *input* ou um *output*.

Como forma de resolver esse problema e a baixa discriminação das DMUs eficientes, foi utilizado o método de avaliação cruzada que usa a metodologia DEA em uma avaliação por pares, além da auto avaliação (MACHADO; MELLO; PEREIRA, 2016). Nessa avaliação, a eficiência cruzada é a média de todas as eficiências calculadas da DMU avaliadas usando um conjunto de pesos ótimo obtido por cada uma das outras DMUs (ANGULO-MEZA; CUNHA, 2006; MEZA; GOMES; NETO; COELHO, 2003).

$$E_{ks} = \frac{\sum_j u_{jk} y_{js}}{\sum_i v_{ik} x_{is}}$$

O método da avaliação cruzada utiliza os pesos u_{jk} e v_{ik} atribuídos a cada DMU k , conforme o modelo escolhido, para avaliar as demais DMUs, entregando E_{ks} como a eficiência da DMU s avaliada em função dos pesos da DMU k (ANGULO-MEZA; CUNHA, 2006; MACHADO; MELLO; PEREIRA, 2016; MEZA et al., 2003).

A avaliação cruzada não funciona no modelo DEA BCC, pois pode gerar eficiências negativas (MELLO; LINS; GOMES, 2002; WU; LIANG; CHEN, 2009) e a baixa discriminação das DMUs eficientes, ocasionada pela escolha de variáveis mais favoráveis no cálculo da eficiência relativa (MELLO; MEZA; GOMES; BIONDI NETO, 2005). Para correção desse problema, foi utilizada a técnica de fronteira invertida que possibilita aumentar a discriminação entre as DMUs eficientes (LIMA; MELLO, 2009).

A fronteira invertida é uma avaliação pessimista das DMUs que consiste em efetuar a troca dos *inputs* com os *outputs* do modelo original (LIMA; MELLO, 2009; MELLO et al., 2005), dessa forma, ela é composta pelas DMUs com as piores práticas gerenciais. No entanto, a fronteira invertida, não corrige suficientemente a discriminação das DMUs, tornando-se necessário a utilização de um índice de eficiência composta (REINAS; MARIANO; REBELATTO, 2011), obtido a partir da média aritmética do índice de fronteira clássica e de fronteira invertida e normalizada (*Eficiência Composta**) em função da máxima eficiência composta para obtenção de um indicador de eficiência entre 0 e 1.

$$E_{\text{Eficiência Composta}} = \frac{E_{\text{Eficiência Clássica}} + (1 - E_{\text{Eficiência Invertida}})}{2}$$

$$E_{\text{Eficiência Composta}^*} = \frac{E_{\text{Eficiência Composta}}}{\text{Max}(E_{\text{Eficiência Composta}})}$$

Para a aplicação do método DEA foi utilizado o software SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão desenvolvido por Meza, Biondi Neto, Mello e Gomes (2005).

4 RESULTADOS

A tabela 5 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis operacionais utilizadas no presente estudo. O painel A mostra as estatísticas descritivas para a movi-

mentação de cargas containerizadas, enquanto no painel B são apresentadas as estatísticas da movimentação do conjunto dos demais grupos de carga, granel sólido, granel líquido e carga geral solta.

Observa-se que o tempo médio atracado de cargas em contêiner é menor do que o tempo médio de operação dos demais grupos de carga, decorrência da maior facilidade de embarque e desembarque deste tipo de carga, o que tem levado ao grande crescimento deste mercado de transporte (MARCHETTI; PASTORI, 2006). O tempo médio de espera para atracação dos navios de carga geral e granéis, em média, é maior que dos navios de contêineres. Ainda ressalta-se a prioridade de atracação de navios de cargas perecíveis e frigoríficas, normalmente transportas em contêineres.

Os indicadores de tempos médios de espera para atracação, bem como os de início da operação, são indicadores que dependem diretamente da governança portuária, sendo, portanto, elementos críticos na análise dos resultados de um modelo de governança portuária, uma vez que eles dependem de um conjunto de atividades que são executadas pelos atores intervenientes, podendo apresentar um maior ou menor grau de coordenação entre esses atores (VIEIRA et al., 2013). Assim, espera-se que maior grau de coordenação entre os atores intervenientes das operações portuárias, reduziria os tempos médios de espera.

Os dados mostram que tempo médio de espera para atracação dos navios de contêineres é mais elevado nos portos de São Francisco do Sul-SC e Rio Grande-RS. Para os navios de transporte de carga granel e carga geral solta, os maiores tempo de espera para atracação são nos portos de Paranaguá-PR, Itaguaí-RJ, São Francisco do Sul-SC e Rio Grande-RS. Estudo prévio mostra que essa situação é uma tendência crescente desde 2005, o que pode ser indicativo de porto mal utilizado, enquanto outros estão congestionados (LA ROVERE; SILVA, 2009). Destaca-se que a infraestrutura – calado, acesso rodoviário e ferroviário – insuficiente para atender o crescimento da demanda do comércio exterior, além do fato de existir portos altamente congestionados e outros subutilizados, podem afetar diretamente nos indicadores tempos de espera e de operação.

Tabela 5 - Estatísticas Descritivas

Painel A – Movimentação de Carga Containerizada					
	Média	Desvio Padrão	1º Q	Mediana	3º Q
Quantidade de Atracações (u)	33,4	40,9	6,0	21,0	48,0
Tempo Médio de Espera p/ Atracação (h)	15,0	38,3	4,4	8,3	13,1
Tempo Médio Atracado (h)	21,0	13,6	12,9	17,6	25,3
Quantidade de Contêiner (u)	20.985	39.557	2.132	10.506	19.832
Consignação Média (u/navio)	425,9	238,6	277,0	415,0	567,0
Prancha Média (u/h)	34,9	22,7	14,0	36,0	54,0
Painel B – Movimentação de Carga Granel e Geral Solta					
	Média	Desvio Padrão	1º Q	Mediana	3º Q
Quantidade de Atracações (u)	52,8	58,8	12,0	28,5	74,0
Tempo Médio de Espera p/ Atracação (h)	65,0	110,9	6,0	28,2	70,4
Tempo Médio Atracado (h)	71,5	66,9	40,7	56,8	84,1
Quantidade de Carga Geral Solta (t)	54.023	74.649	4.233	22.945	68.559
Quantidade de Granel Sólido (t)	605.036	1.187.850	36.464	108.185	455.829
Quantidade de Granel Líquido (t)	239.578	345.578	15.182	74.565	261.197
Consignação Média (t/navio)	13.798	22.141	3.163	7.777	16.711
Prancha Média (t/h)	212,9	410,4	40,0	100,5	237,5

Definições das Variáveis:

Quantidade de Atracações – a quantidade de atracções que ocorreram em determinado período em determinado porto/instalação portuária. Expressa em unidades (u).

Tempo Médio de Espera p/ Atracação – corresponde à divisão do tempo de espera em horas (diferença entre a data/hora de atracção e a data/hora de chegada à área de fundeio) e o número de embarcações para cada porto/instalação portuária, terminal, berço ou grupo de carga. Expressa em horas (h).

Tempo Médio Atracado – corresponde à divisão do tempo total atracado em horas (diferença entre a data/hora de desatracção e a data/hora de atracção da embarcação no porto/instalação) e o número de embarcações para cada porto/instalação portuária, terminal, berço ou grupo de carga. Expressa em horas (h).

Consignação Média – permite aferir a tonelage média de cargas transportadas pelas embarcações (para cargas gerais soltas, granel sólido e granel líquido), assim como permite aferir a tonelage média das unidades de contêineres transportados pelas embarcações (unidades carregadas e descarregadas/navio). Indica o perfil das embarcações que frequentam o porto/instalação portuária. Expressa em unidades por navio (u/navio) para carga containerizada e e carga geral e graneis em toneladas por hora (t/h)..

Prancha Média – indica a produtividade média de cada terminal ou de um ou mais berços, medida em relação ao tempo de operação dos navios (tomado como tempo de atendimento) quando relacionada à carga geral, granel sólido e granel líquido. Para contêineres, é expresso em unidade/hora (u/h) e carga geral e graneis em toneladas por hora (t/h).

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa

A tabela 6 apresenta os resultados do modelo DEA CCR orientado *inputs* além da eficiência pelo método da avaliação cruzada.

Tabela 6 - Resultado do Modelo DEA

DMU	Carga Containerizada		Carga Geral Solta e Granéis	
	Modelo CCR	Avaliação Cruzada	Modelo CCR	Avaliação Cruzada
Angra dos Reis	-	-	0,1415	0,0501
Antonina	-	-	0,0429	0,0146
Aratu	-	-	0,2527	0,1185
Areia Branca	-	-	1,0000	0,5230
Belém	0,1943	0,1242	1,0000	0,7190
Cabedelo	-	-	0,0724	0,0246
Forno	-	-	0,5594	0,1901
Fortaleza	0,2696	0,1705	0,1345	0,0685
Ilhéus	-	-	0,0206	0,0102
Imbituba	0,0995	0,0713	0,1507	0,0591
Itaguaí	0,3483	0,2592	0,6830	0,1123
Itajaí	0,1940	0,1552	0,0549	0,0091
Itaqui	-	-	-	-
Maceió	-	-	0,1388	0,0576
Manaus	-	-	0,0410	0,0132
Natal	-	-	0,0179	0,0080
Niterói	-	-	1,0000	0,1425
Paranaguá	0,6627	0,5112	0,5401	0,2146
Pelotas	-	-	0,0318	0,0143
Porto Alegre	-	-	0,1205	0,0499
Porto Velho	1,0000	0,8129	1,0000	0,6033
Recife	-	-	0,3708	0,1422
Rio de Janeiro	0,6661	0,5026	0,1892	0,1013
Rio Grande	0,6538	0,5171	0,6715	0,2815
Salvador	0,5870	0,4595	0,0637	0,0362
Santana	-	-	0,1550	0,0643
Santarém	-	-	1,0000	0,7444
Santos	1,0000	0,8603	1,0000	0,5657
São Francisco do Sul	0,1918	0,1271	0,3829	0,1416
São Sebastião	-	-	0,0916	0,0479
Suape	0,6919	0,5337	0,4168	0,1611
Vila do Conde	0,4800	0,3858	1,0000	0,3073
Vitória	0,2764	0,1932	0,7246	0,3675

Observação: A unidade de medida da eficiência no modelo DEA varia de 0 a 1, em que 1 representa 100% de eficiência.

CCR – Modelo DEA que pressupõe retornos constantes de escala.

Avaliação Cruzada – Evita que o modelo ignore variáveis na atribuição de pesos.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa

Para a movimentação de carga containerizada, apenas os portos de Santos e Porto Velho, apresentaram eficiência padrão máxima no modelo DEA CCR. Entretanto, quando considerada a avaliação cruzada, os portos de Santos e Porto Velho, ainda apresentam maior eficiência relativa, mas com considerável redução.

Na movimentação de carga geral e granéis, além de Santos e Porto Velho, mais outros cinco portos (Areia Branca, Belém, Niterói, Santarém e Vila do Conde) apresentaram eficiência padrão máxima e, quando analisada a eficiência pela avaliação cruzada, o porto de Santos e o porto de Belém, apresentaram a menor diferença entre

os índices de eficiência, entretanto, também é identificada considerável redução. Para todos os tipos de carga, conforme a literatura, essa diferença pode ser explicada pela avaliação da DMU em relação às demais, que imputam maior importância a variáveis que na avaliação a própria DMU ignora (MEZA *et al.*, 2003).

A tabela 7 apresenta os resultados do modelo DEA BCC orientado *inputs*, adicionalmente da eficiência pelo método da fronteira composta normalizada.

Tabela 7 - Resultado do Modelo DEA BCC e Fronteira Composta*

DMU	Carga Containerizada		Carga Geral Solta e Granéis	
	Modelo BCC	Fronteira Composta*	Modelo BCC	Fronteira Composta*
Angra dos Reis	-	-	1,0000	0,7636
Antonina	-	-	0,1960	0,1077
Aratu	-	-	0,3450	0,4694
Areia Branca	-	-	1,0000	0,6840
Belém	0,4714	0,3095	1,0000	0,9978
Cabedelo	-	-	0,2198	0,1208
Forno	-	-	1,0000	1,0000
Fortaleza	0,6502	0,4822	0,3140	0,4113
Ilhéus	-	-	0,2352	0,1293
Imbituba	1,0000	0,6565	0,2954	0,2035
Itaguaí	0,9917	0,7204	0,6902	0,3795
Itajaí	0,7221	0,4740	1,0000	0,5497
Itaqui	-	-	-	-
Maceió	-	-	0,3471	0,3324
Manaus	-	-	0,4677	0,2571
Natal	-	-	0,2467	0,1356
Niterói	-	-	1,0000	0,5497
Paranaguá	1,0000	0,6920	0,5493	0,3020
Pelotas	-	-	0,5876	0,3402
Porto Alegre	-	-	0,3193	0,4233
Porto Velho	1,0000	1,0000	1,0000	0,9919
Recife	-	-	0,8191	0,4921
Rio de Janeiro	1,0000	0,8377	0,4102	0,5849
Rio Grande	0,8222	0,6555	0,6759	0,6393
Salvador	0,9539	0,8254	0,3902	0,4826
Santana	-	-	0,3229	0,4348
Santarém	-	-	1,0000	0,8407
Santos	1,0000	0,6565	1,0000	0,8529
São Francisco do Sul	0,6815	0,4474	0,4185	0,3663
São Sebastião	-	-	0,4599	0,5194
Suape	0,9847	0,8222	0,4495	0,4972
Vila do Conde	0,6415	0,5642	1,0000	0,8501
Vitória	0,5099	0,3348	0,7522	0,8437

Observação: A unidade de medida da eficiência no modelo DEA varia de 0 a 1, em que 1 representa 100% de eficiência.

BCC – Modelo DEA que considera retornos variáveis de escala.

* Fronteira composta normalizada.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa

Conforme já era esperado, o número de DMUs eficientes é maior que no modelo DEA CCR, por conta do modelo BCC ter por característica ser mais benevolente na seleção das DMUs eficientes (GOMES; MANGABEIRA; MELLO, 2005; MELLO et al., 2005). Tanto para cargas containerizadas como para carga geral e granéis, a diferença entre o índice de eficiência clássica e de eficiência composta é pequena. Na movimentação de carga em contêineres, destaca-se o porto de Porto Velho, que se apresentou eficiente, tanto na eficiência clássica, quanto na eficiência composta. O porto do Rio de Janeiro eficiente no modelo clássico apresentou uma queda na eficiência composta. Outro destaque é o porto de Salvador, que não apresentou eficiente máxima, mas mostrou-se alta eficiência.

Na movimentação de carga geral e granéis, apenas o porto de Forno apresentou-se eficiente nas duas técnicas usadas no modelo BCC. Entretanto os portos de Belém e Porto Velho permaneceram com altos índices de eficiência composta. Outros portos que na forma clássica foram eficientes, na eficiência composta apresentaram considerável queda no índice. Na mesma forma que no modelo DEA CCR, essas diferenças podem ser explicadas pela avaliação da DMU em relação às demais (MEZA et al., 2003).

Os resultados encontrados apontam indicativos de impacto dos tempos de permanência dos navios na eficiência portuária. No que diz respeito aos indicadores de governança portuária, o tempo de espera para atracação é muito elevado em alguns portos, situação enfrentada pelos usuários do sistema portuário brasileiro há algum tempo (NETO et al., 2009). Ainda deve-se levar em consideração a atual infraestrutura e equipamentos existentes nos portos que podem ser pontos que potencialize a ineficiência dos terminais (SOUSA JÚNIOR; NOBRE JÚNIOR; PRATA; MELLO, 2013), devido à obsolescência e falta de investimentos. (MARCHETTI; PASTORI, 2006).

Torna-se importante uma avaliação da estrutura de governança portuária, uma vez que, pode influenciar na eficiência dos portos e conseqüentemente na competitividade do setor no mercado internacional. Isso porque juntamente com os custos portuários e a localização, a qualidade da infraestrutura e dos serviços prestados são fatores determinantes da competitividade dos portos (BANDARA; NGUYEN, 2016; HARALAMBIDES, 2002).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo objetivou avaliar o desempenho portuário, em termos da eficiência relativa, considerando como indicadores de governança portuária os tempos médio de espera dos navios nos portos. Para isso, foi utilizado o método DEA aplicando os modelos CCR e BCC, que consideram os retornos de escala constantes e variáveis, respectivamente. Aplicando os modelos à amostra de portos públicos brasileiros considerando movimentação de carga no ano de 2015.

Quando observados os modelos CCR e BCC básicos foram encontrados portos eficientes, entretanto, esse fato deu-se pela característica dos modelos de atribuir pesos de forma a maximizar a eficiência, sendo assim, benevolentes em seus resultados (GOMES et al., 2005; MELLO et al., 2005).

Entretanto, quando foram utilizadas a avaliação cruzada no modelo CCR e a fronteira composta no modelo BCC, os resultados encontrados evidenciaram que, consideradas as características e capacidade operacional dos portos analisados, os *dwell times* dos navios tem impacto na eficiência do sistema portuário brasileiro, necessitando de políticas e ações capazes de otimizar esses tempos com vista na melhoria da produtividade dos portos brasileiros.

O tempo de espera e de operação de um porto pode ser uma variável de avaliação da qualidade dos serviços prestados pelo porto, figurando assim como um dos critérios de escolha do porto na visão do cliente. Assim, torna-se necessário a análise da relação dos tempos médios de operação e espera para atracação com as variáveis de infraestrutura que se apresenta como ineficiência governamental em investimentos. Além disso, separada a influência da infraestrutura, a análise da coordenação entre os atores da operação portuária é fundamental para identificar as razões que podem aumentar o tempo médio de espera para atracação.

Para novas pesquisas, sugere-se a análise, levando em consideração outras variáveis operacionais, além de uma investigação qualitativa dos procedimentos internos dos atores envolvidos na operação portuária, buscando identificar oportunidades de melhorias nos processos e implementação de mecanismos de governança entre os entes envolvidos nas operações portuárias.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, C. M. M.; SILVA, A. M. V. D. A.; LIMA, M. L. P. Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros. **Revista de Literatura dos Transportes**, São José do Campos, v. 5, n. 4, p. 88-102, 2011. Recuperado de: http://www.pesquisaemtransportes.net.br/relit/index.php/relit/article/view/r2011-076/pdf_61
- ANGULO-MEZA, L.; CUNHA, B. **A avaliação cruzada: uma revisão bibliográfica e implementação computacional**. XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Goiânia, Goiás, 12 a 15 de setembro, 2006.
- ANTAQ. **Anuário Estatístico de 2013**. Brasília: Agência Nacional de Transportes Aquaviários. 2013a. Retrieved from <http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Anuario2013/index.htm>
- ANTAQ. **Boletim Anual de Movimentação de Cargas**. Brasília: Agência Nacional de Transportes Aquaviários. 2013b. Retrieved from <http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Anuario2013/Tabelas/AnaliseMovimentacaoPortuaria.pdf>.
- BANDARA, Y. M.; NGUYEN, H. O. Influential factors in port infrastructure tariff formulation, implementation and revision. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 85, p. 220-232, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.01.011>
- BERTOLOTO, R. F.; MELLO, J. C. C. B. S. Eficiência de portos e terminais privativos brasileiros com características distintas. **Jornal of Transport Literature**, v. 5, n. 2, p. 4-21, 2011.
- BICHOU, K.; GRAY, R. A logistics and supply chain management approach to port performance measurement. **Maritime Policy & Management**, v. 31, n. 1, p. 47-67, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/0308883032000174454>
- BRASLOG. **Porto Sem Papel reduzirá em 25% estadia de navio**. 9 de fevereiro de 2010 Retrieved from <http://www.braslog.com.br/noticias-sobre-logistica/porto-sem-papel-reduzira-em-25-estadia-de-navio/>
- BRASIL. Secretaria de Portos da Presidência da República. Departamento de Sistsemas de Informações Portuárias. **Projeto Porto Sem Papel**. Brasília, 2013 Retrieved from: <http://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/251/1/Projeto%20Porto%20Sem%20Papel.pdf>
- BROOKS, M. R.; CULLINANE, K. Chapter 18 Governance models defined. **Research in Transportation Economics**, v. 17, p. 405-435, 2006. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0739-8859\(06\)17018-3](https://doi.org/10.1016/S0739-8859(06)17018-3)
- BROOKS, M. R.; PALLIS, A. A. Assessing port governance models: process and performance components. **Maritime Policy & Management**, v. 35, n. 4, p. 411-432, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/03088830802215060>
- COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Springer Science & Business Media, 2005. DOI: 10.1007/b136381.
- CORREIA, T.; SOARES DE MELLO, J. **Avaliação da eficiência das companhias aéreas brasileiras com modelo DEA nebuloso**. Paper presented at the XII Congresso de

Pesquisa e Ensino em Transportes-ANPET. Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes. 2008

COUTINHO, P. C. **Estudo comparativo das estruturas de custos e avaliação de projetos/investimentos entre terminais portuários de uso público e terminais portuários de uso privativo misto**. Centro de Estudos em Regulação de Mercados, Brasília, 2012. Retrieved from Brasilia-DF:
<http://www.antaq.gov.br/Portal/EstudoAssimetriaRegulatoriaTUPPP.asp>

CULLINANE, K.; SONG, D.-W.; WANG, T. The application of mathematical programming approaches to estimating container port production efficiency. **Journal of Productivity Analysis**, v. 24, n. 1, p. 73-92, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11123-005-3041-9>

DA SILVA, F. G. F.; MARTINS, F. G. D.; ROCHA, C. H.; ARAÚJO, C. E. F. Análise exploratória da eficiência produtiva dos portos brasileiros. **Transportes**, v. 19, n. 1, p. 5-12, 2011. DOI: <https://doi.org/10.14295/transportes.v19i1.480>

DE BRITTO, P. A. P. *et al.* Promoção da concorrência no setor portuário: uma análise a partir dos modelos mundiais e aplicação ao caso brasileiro. **Revista de Administração Pública-RAP**, v. 49, n. 1, p. 47-71, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-76121690>

DE LANGEN, P. Governance in seaport clusters. **Maritime Economics & Logistics**, v. 6, n. 2, p. 141-156, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100100>

DE LANGEN, P. W. Stakeholders, conflicting interests and governance in port clusters. **Research in Transportation Economics**, v. 17, p. 457-477, 2006. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0739-8859\(06\)17020-1](https://doi.org/10.1016/S0739-8859(06)17020-1)

DE LANGEN, P.; NIJDAM, M.; VAN DER HORST, M. New indicators to measure port performance. **Journal of Maritime Research (JMR)**, v. 4, n. 1, p. 23-36, 2007.

FALCÃO, V. A.; CORREIA, A. R. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 4, p. 133-146, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2238-10312012000400007>

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957. DOI: <https://doi.org/10.2307/2343100>

GOMES, C. F. S.; DOS SANTOS, J. P. C.; COSTA, H. G. Eficiência Operacional dos Portos Brasileiros: Fatores Relevantes. **Sistemas & Gestão**, v. 8, n. 2, p. 118-128, 2013. DOI: <https://doi.org/10.7177/sq.2012.v8.n2.a2>

GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. D. C.; MELLO, J. C. C. B. S. Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n. 4, p. 607-631, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032005000400001>

GONZÁLEZ, M. M.; TRUJILLO, L. Efficiency measurement in the port industry: a survey of the empirical evidence. **Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)**, v. 43, n. 2, p. 157-192, 2009.

HARALAMBIDES, H. E. Competition, excess capacity, and the pricing of port infrastructure. **International Journal of Maritime Economics**, v. 4, n. 4, p. 323-347, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1057/palgrave.ijme.9100053>

ITOH, H. Efficiency changes at major container ports in Japan: a window application of Data Envelopment Analysis. **Review of urban & regional development studies**, v. 14, n. 2, p. 133-152, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-940X.00052>

LA ROVERE, R. L.; SILVA, M. **Desenvolvimento econômico local da Zona Oeste do Rio de Janeiro e de seu entorno**. Pesquisa projeto Faperj n E-26/110.644/2007. Rio de Janeiro: FAPERJ, 2009.

LIMA, V. D. S.; MELLO, J. C. C. B. S. **Análise envoltória de dados no estudo das relações de custo x benefício em passagens aéreas de rotas selecionadas**. Paper presented at the II Red Iberoamericana de Investigación em Transporte Aéreo. 2009

LOVELL, C. A. **Production frontiers and productive efficiency**. Oxford University Press, p. 3-67. 1993

MACHADO, L.; MELLO, J. C. C. B. S.; PEREIRA, D. **Benchmarking em avaliação cruzada: uma aplicação no setor de energia elétrica brasileiro**. Paper presented at the II Encontro Regional de Pesquisa Operacional do Sudeste, Limeira – SP, 2016. DOI: [10.13140/RG.2.1.1059.7366](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1059.7366)

MAGALHAES DA SILVA, A.; NEVES, C.; GONÇALVES NETO, A. **Avaliação da Eficiência das Companhias de Seguro no ano de 2002: uma abordagem através da Análise Envoltória de Dados**. Paper presented at the Congresso Brasileiro de Custos. 2003

MARCHETTI, D. D. S.; PASTORI, A. **Dimensionamento do potencial de investimentos para o setor portuário**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 24, p. 3-33, 2006. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2425>

MARTINEZ-BUDRIA, E.; DIAZ-ARMAS, R.; NAVARRO-IBANEZ, M.; RAVELO-MESA, T. A study of the efficiency of Spanish port authorities using data envelopment analysis. **International Journal of Transport Economics/Rivista internazionale di economia dei trasporti**, v. 26, n. 2, p. 237-253, 1999.

MELLO, J. C. C. B. S.; LINS, M. P. E.; GOMES, E. G. Construction of a smoothed DEA frontier. **Pesquisa Operacional**, v. 22, n. 2, p. 183-201, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382002000200006>

MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L. B. **Curso de Análise Envoltória de Dados**. Paper presented at the XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado-RS. 2005

MEZA, L. A., BIONDI NETO, L.; MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G. ISYDS-Integrated System for Decision Support (SIAD-Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v. 25, p. 3, p. 493-503, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-74382005000300011>

MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L. B.; COELHO, P. H. G. (2003). Avaliação do ensino nos cursos de Pós-graduação em engenharia: Um enfoque quantitativo de avaliação em conjunto. **Engevista**, v 5, n. 9 p. 41- 49, dezembro 2003

MILAN, G. S.; VIEIRA, G. B. B. Proposição de um modelo conceitual em torno da prática da governança em cadeias logístico-portuárias. **Revista Gestão Industrial**, v. 7, n. 4, p. , 2011. DOI: <https://doi.org/10.3895/S1808-04482011000400008>

MONIÉ, F.; VIDAL, S. D. S. Cidades, portos e cidades portuárias na era da integração produtiva. **Revista de Administração Pública**, v. 40, n. 6, p. 975-995, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-76122006000600003>

NETO, C.; *et al.* **Gargalos e demandas da infraestrutura portuária e os investimentos do PAC: mapeamento Ipea de obras portuárias**. Brasília: IPEA, 2009. Retrieved from http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=4979

NETO, D. D. F. M.; FREITAS, R. V. d. **A nova regulação portuária**. Belo Horizonte: Fórum, 2015

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO COMÉRCIO. **World Trade Report**. 2014. Retrieved from <http://www.wto.org>

PEÑA, C. R. Um Modelo de Avaliação da Eficiência da Administração Pública através do Método Análise Envoltória de Dados (DEA). **Revista de Administração Contemporânea, Curitiba**, Paraná, v. 12, n. 1, p. 83-106, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-65552008000100005>

PIMENTEL, R. C.; CASA NOVA, S. P. d. C. **Modelo integrado de avaliação da rentabilidade e liquidez: estudo da aplicação da data envelopment analysis(DEA) a empresas brasileiras**. Paper presented at the Congresso Internacional de Custos. 2005

REINAS, R. I.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, D. A. d. N. Custo/benefício de aeronaves: uma abordagem pela Análise Envoltória de Dados. **Production**, v. 21, n. 4, p. 684-695, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000048>

SERRANO, M. M. G.; CASTELLANO, L. T. **Analisis de la eficiencia de los servicios de infraestructura en Espana: Una aplicación al tráfico de contenedores**. Paper presented at the Hacienda pública y convergencia europea: X Encuentro de Economía Pública, Santa Cruz de Tenerife 2003.

SILVA, F.; MARINS, F. A. S.; SIMÕES, R. R. Aplicação da programação por metas e análise por envoltória de dados no processo licitatório de embarcações offshore de uma empresa petrolífera. **Revista Produção Online**, v. 14, n. 4, p. 1216-1234, 2014. DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v14i4.1378>

SOUSA, E. F.; GUIMARÃES, L. B. D. M. **Gestão portuária no Brasil: uma abordagem sociotécnica**. Paper presented at the IX Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias, Porto Alegre. 2016

SOUSA JÚNIOR, J. N. C.; NOBRE JÚNIOR, E. F. N.; PRATA, B. D. A.; MELLO, J. C. C. B. S. Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil. **Journal of Transport Literature**, v. 7, n. 4, p. 75-106, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2238-10312013000400005>

SOUSA JUNIOR, J. N. C.; PRATA, B. D. A.; NOBRE JUNIOR, E. F.; MAGALHÃES, P. D. S. B. Análise da eficiência da infraestrutura portuária do Nordeste brasileiro baseada em análise de envoltória de dados. Paper presented at the **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Rio de Janeiro, RJ Brasil. 2008

SOUZA, P. C. T.; WILHELM, V. E. Uma introdução aos modelos DEA de eficiência técnica. Tuiuti: **Ciência e Cultura**, Curitiba, n. 42, p. 121-139, 2009.

TONGZON, J. Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis. **Transportation Research Part A**(35), p. 107-122, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(99\)00049-X](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(99)00049-X)

VALENTINE, V.; GRAY, R. **The measurement of port efficiency using data envelopment analysis**. Paper presented at the Proceedings of the 9th world conference on transport research. 2001

VERHOEVEN, P. A review of port authority functions: towards a renaissance? **Maritime Policy & Management**, v. 37, n. 3, p. 247-270, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1080/03088831003700645>

VIEIRA, G. B. B. **Modelo de governança aplicado a cadeias logístico-portuárias**. 2013. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2013.

VIEIRA, G. B. B. *et al.* **Ações de governança em clusters portuários: a proposição de um modelo conceitual no contexto do porto de buenos aires**. Paper presented at the XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte - MG. 2011.

VIEIRA, G. B. B.; KLIEMANN NETO, F. J.; SILVA, R. M.; SENNA, L. A. S. Modelo de Governança Portuária pela Ótica dos Gestores: Um Estudo no Porto de Santos. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 14, n. 3, p. 32-55, 2014. DOI: <https://doi.org/10.20397/2177-6652/2014.v14i3.687>

VIEIRA, G. B. B.; KLIEMANN NETO, F. J. K.; MONFORT-MULINAS, A. Gobernanza en cadenas logístico-portuarias de contenedores: proposición de un modelo conceptual. **Espacios**, v. 34, n. 5, p. 8, 2013.

WORLD BANK. **Alternative port management structures and ownership models**. World Bank: Port Reform Tool Kit. 2001 Retrieved from http://www.ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/Portoolkit/Toolkit/pdf/modules/03_TOOLKIT_Module3.pdf

WU, J.; LIANG, L.; CHEN, Y. DEA game cross-efficiency approach to Olympic rankings. **Omega**, v. 37, n. 4, p. 909-918, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2008.07.001>



Artigo recebido em: 20/10/2017 e aceito para publicação em: 13/04/2019
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v19i3.3037>