



# Análise de eficiência dos portos do Sul do Brasil no transbordo de granéis sólidos

Sandra Regina da Silva Pinela (Brasil)<sup>1</sup>

Weimar Freire da Rocha Júnior (Brasil)<sup>1</sup>

Marcos Roberto Bombacini (Brasil)

Homero Fernandes Oliveira (Brasil)<sup>1</sup>

## Introdução

Os portos marítimos são instalações importantes para o comércio entre países, pois, além de proverem serviços essenciais para essas transações, realizam o transporte, a movimentação e a armazenagem de mercadorias (CULLINANE; WANG, 2006; MARAD, 2008; UNCTAD, 2014).

No período anterior à crise sanitária da pandemia de Covid-19, os dados da Balança Comercial Brasileira, de 2001 a 2019, mostraram que houve um dinamismo no comércio exterior, em que as exportações superaram as importações na maior parte do período, exceto no triênio 2013-2015.

A agropecuária participou com 18,4% do valor total das exportações, em 2019, cujos principais produtos foram os granéis sólidos, compostos por soja (12%), milho (3,2%), café e algodão (3,2%). Nas importações, destacaram-se adubos, fertilizantes químicos, inseticidas e carvão. Os principais destinos foram a China (28,1%), os Estados Unidos da América (13,2%), a Holanda (4,49%) e a Argentina (4,34%) (COMEX, 2020).

Segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviário (ANTAQ, 2022), nos portos públicos brasileiros foram movimentados, em 2021, mais de 238 milhões de toneladas de granéis sólidos e a parcela significativa desse fluxo ocorreu em instalações localizadas na região Sul do Brasil, que corresponderam a 27% dos carregamentos.

---

<sup>1</sup> Nossos agradecimentos à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná pelo financiamento da pesquisa.



A região oeste do Paraná está caracterizada como um espaço de arranjos produtivos compostos, principalmente, por organizações agroindustriais que demandam escoamento da produção do interior do país para grandes centros de consumo e exportação, assim como o fluxo de insumos para essa produção. As principais mercadorias que circulam na região se resumem em grãos, farelo de soja e proteína animal. Segundo Mezzadri *et al.* (2018), nesta região estão estabelecidas quatro grandes cooperativas agropecuárias que figuram entre as 16 maiores do Brasil e os municípios a ela pertencentes se destacam pela produção agropecuária de suínos, leite, aves, bovinos e pescado, com alta diversidade e importante impacto no desenvolvimento do agronegócio nacional.

Além das características de produção, na região está localizada a fronteira com o Paraguai e a Argentina, o que a torna um entroncamento relevante para a dinâmica econômica regional. No entanto, a busca por oportunidades de aprimoramento logístico na região oeste paranaense é latente, tendo em vista que a circulação de mercadorias ainda está concentrada no modal rodoviário que, segundo Oliveira, Salomão e Castañon (2021), representa 60% do fluxo do mercado doméstico nacional e oferece uma rede de transportes que, de acordo com Fajardo (2006), é de custo elevado.

Os exportadores da região trinacional enfrentam várias restrições logísticas, como as longas distâncias até os portos marítimos, a precariedade dos modos de transportes disponíveis e aspectos de ineficiência portuária. Para Vieira e Kliesmann Neto (2016), o local em que os portos estão instalados é fator preponderante para a escolha dos serviços portuários pelo embarcador de mercadorias e a interação entre os agentes influencia diretamente a atividade portuária.

A localização da região trinacional implica na necessidade de maior atenção às soluções mais eficientes para a movimentação das mercadorias até os portos de exportação. Nesse sentido, os portos secos podem ser considerados bastante benéficos para embarcadores dessa região. Segundo Wank e Hijjar (2009), esses pontos de distribuição são considerados recursos-chaves para criar facilidades aos exportadores do interior, proporcionar soluções mais econômicas de transporte até os portos marítimos e favorecer a rapidez nos processos portuários. Assim, os portos secos no interior podem significar mais eficiência para os portos de exportação, com influência na tomada de decisão sobre investimentos em estruturas de apoio no interior.



Por outro lado, a eficiência dos portos marítimos pode estar relacionada às decisões estratégicas de gestão. Núñez-Sánchez e Coto-Millán (2012) argumentam que a atividade portuária se tornou altamente mecanizada, especializada em cargas containerizadas, o que deve afetar a eficiência dos carregamentos de cargas, como os granéis sólidos. Não obstante, Castillo Manzano, González Laxe e López Valpuesta (2013) consideram que a influência dos portos diz respeito à demanda, ou seja, ligados com a dinâmica de seu mercado consumidor no interior. Por isso, a importância de se discutir a eficiência dos portos da região sul que atendem aos embarcadores da região trinacional do oeste do Paraná.

Sob essa perspectiva, a eficiência é um dos fatores considerados relevantes para a gestão portuária, tendo em vista a busca por melhor utilização dos recursos em um ambiente competitivo de comércio global. Por isso, diversos estudos se declinaram para avaliar a eficiência dos portos brasileiros, como os de Wanke, Barbastefano e Hijjar (2011), Rios (2015) e Pires (2016), em que foram constatadas ineficiências relacionadas aos aspectos técnicos e de gestão, como a falta de infraestrutura, o superdimensionamento de recursos, os serviços de cais e aduana lentos e burocráticos, entre outros.

Pela complexidade inerente às atividades dos portos, López e Poole (1998) sugerem delimitar o estudo da eficiência nas atividades que integram terra-mar, ou seja, naquelas que ocorrem na faixa do cais. Assim, a questão de pesquisa suscitada é: *o transbordo de granéis sólidos na faixa do cais dos portos marítimos do Sul do Brasil apresenta elementos de ineficiência que afetam o desempenho do porto?*

A partir do exposto, o objetivo geral deste estudo é analisar a eficiência técnica dos portos marítimos do Sul do Brasil, por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA), referente ao período de 2016 a 2020, com enfoque no transbordo de granéis sólidos na faixa do cais, para identificar possíveis ineficiências.

Os pressupostos da análise se baseiam na perspectiva econômica de que um porto é considerado eficiente se for capaz de produzir mais embarques e desembarques, em determinado período, sem empregar unidades adicionais de recursos materiais e humanos disponíveis. Ainda, é possível definir a eficiência relacionando-a com a produtividade.

Para o alcance do objetivo, o estudo foi organizado em cinco seções, sendo esta a primeira, para contextualizar o tema; a segunda para tratar dos fundamentos teóricos; a terceira para apresentar os procedimentos metodológicos; a quarta para expor a



análise e a discussão dos resultados; e, por último, são apresentadas as considerações finais.

### Lentes teóricas

Nesta seção, são apresentados os conceitos de eficiência e ineficiência técnica. Além disso, são abordados alguns aspectos dessas perspectivas que podem afetar o desempenho portuário.

#### Eficiência como medida de desempenho portuário

Em seus estudos, Drucker (1954) considera eficiência como a maneira de fazer as coisas corretamente, com a menor utilização dos recursos disponíveis. Isso significa uma habilidade de se obter o máximo nível de saídas, com insumos e tecnologia fixos.

Segundo Méndez Sayago, Méndez Sayago e Hernández Escolar (2013), as firmas que operam na fronteira de produção são tecnicamente eficientes, o que significa serem consideradas hábeis no uso de menor quantidade de insumos para uma dada quantidade de produtos. Para Pires (2016), essa fronteira de possibilidades de produção define a eficiência técnica pura e a difere da eficiência técnica global que está relacionada à fronteira máxima de produtividade.

Com relação à ineficiência técnica, a partir da ideia de Farrel (1957), Barros (2003) considera que esse distanciamento da fronteira de possibilidades de produção pode ocorrer devido às estruturas rígidas, ao acesso desigual, às informações e à inércia em relação à adoção de novas tecnologias. Assim, a ineficiência tem característica dinâmica e ocorre por diversos fatores.

Em instalações portuárias, a eficiência é elemento essencial para garantir as atividades do porto e de outras organizações. Segundo Vieira (2013), o volume de embarques é considerado uma medida de produtividade e o transbordo na faixa do cais é, por sua vez, o limite do Porto Organizado. As operações estão voltadas para a distribuição física internacional, que correspondem a centros de conexões inevitáveis, dessa forma, o avanço tecnológico permitiu melhor desempenho nos serviços portuários e a evolução nesse setor se tornou estratégica para o desenvolvimento econômico dos países. No entanto, a complexidade das operações nos portos leva a uma grande quantidade de fatores que podem influenciar o desempenho operacional, sendo isso um problema para determinar a eficiência (VIEIRA; KLIEMANN NETO, 2016; OLIVEIRA TAVARES, 2018).



Ao analisarem o desempenho dos portos da Espanha, Castillo-Manzano, Gonzáles-Laxe e López-Valpuesta (2013) constataram que a localização é o principal fator de eficiência, pois condiciona a navegação e define o número de dias extras em algumas rotas. Já Barros (2003), considera como fator de eficiência o tamanho das instalações, ao estudar os portos de Portugal, concluindo, nesse sentido, duas perspectivas: quanto maior o porto, maior o seu território e a influência; e que pequenas instalações portuárias podem ser mais eficientes do que as de grande porte, devido a sua flexibilidade e agilidade.

Em análise dos portos do Sul do Brasil, Pinela *et al.* (2019) constataram que na movimentação de granéis sólidos em um porto de pequeno porte, mas com maiores dimensões na faixa do cais, pode-se obter melhor desempenho em relação à razão entre o peso de carga e a hora de operação, o que significa maior eficiência.

Destaca-se que a abrangência mencionada por Barros (2003) é significativa para a eficiência portuária, quando implicar em aumento da influência do porto e na ampliação de destinos, o que favorecerá a atração de indústrias e instalações de apoio, como os portos secos, provocando maior produtividade ao porto (CASTILLO-MANZANO; GONZÁLES-LAXE; LÓPEZ-VALPUESTA, 2013).

Conforme explicam Núñez-Sánchez e Coto-Millán (2012), a atuação dos portos envolve estabelecer em sua área de abrangência um dinamismo, provocado pela atração de indústrias e estruturas de apoio, como portos secos e novos empreendimentos. O resultado deve levar ao aumento de postos de trabalho, elevação de renda, entre outros fatores econômicos-sociais, e, conseqüentemente, maior desenvolvimento regional.

As economias de escala foram consideradas, por Barros (2003) e Wanke and Barros (2015), como condição para o ganho de eficiência, mas em operações com terminais especializados. Por outro lado, Rios (2015) e Pinela *et al.* (2019) identificaram alto nível de ineficiência em portos públicos no Brasil, independente da escala em que operam.

A complexidade das operações portuárias e a importância dessas organizações para a economia dos países demandam estudos cada vez mais abrangentes e, diante dos argumentos colocados nesta seção, sobre eficiência dos portos, é possível resumir os principais fatores, como sendo: localização, porte e abrangência.



Na seção a seguir, será apresentado o conjunto de decisões e ações para a escolha das técnicas de pesquisa e o método utilizado no desenvolvimento do estudo.

### Aspectos metodológicos

A delimitação do estudo se deu em função de Menegazzo e Fachinello (2014) terem apontado os granéis sólidos como a mercadoria mais movimentada nos portos brasileiros e que, de acordo com a ANTAQ (2022), corresponderam, em 2021, a mais de 238 milhões de toneladas.

Para Sabet, Yazdani e Leeuw (2017), mercadorias como os granéis sólidos exigem navios com maior capacidade de carga, que levam maior tempo para serem carregados, e, ainda, devem ser escoadas de forma ágil por apresentarem baixo valor agregado. Por isso, analisar a eficiência no transbordo desse grupo de mercadorias torna-se relevante.

O período considerado para a análise foram os anos de 2016 a 2020, representando um recorte temporal que dá sequência ao estudo de Pinela *et al.* (2019), que abordou os anos de 2010 a 2016. Não obstante, o corte transversal é uma estratégia considerada satisfatória em outros trabalhos sobre a eficiência portuária, como os de Barros (2003); Cullinane e Wang (2006); e Nwanosike, Nicoleta e Warnock-Smith (2012).

De acordo com a SEP/PR (2015), os portos marítimos recebem essa definição por receberem embarcações de linhas oceânicas, mesmo se a localização geográfica for fluvial. Na região Sul do Brasil, esses portos fazem parte de um sistema portuário nacional, com unidades de gestão pública e privada. Para este estudo, foram considerados os portos públicos que registraram movimentação de granéis sólidos no período de 2016 a 2020, em navegação de longo curso, sendo eles: Porto de Paranaguá (PR), Porto de Antonina (PR), Porto de São Francisco do Sul (SC), Porto de Imbituba (SC), Porto de Rio Grande (RS) e Porto de Porto Alegre (RS). A escolha dessas instalações constituiu a amostra que se configurou como não probabilística e por tipicidade, conforme sugerido por Vergara (2004).

Sob a perspectiva de produtividade, o transbordo na faixa do cais, que representa as atividades de integração terra-mar, tornou-se elemento de análise, constituído por: prancha média geral, quantidade de atracações, carga bruta, tempo de operação da carga, tempo de atracação, tempo de estadia da carga e tempo ocioso para iniciar a operação da carga.





De acordo com a ANTAQ (2022), a prancha média mede a produtividade média do porto, em determinado período, na movimentação de determinado segmento de mercadorias. Ademais, é calculada em relação ao tempo de operação dos navios, utilizando-se sempre de atracações de movimentação exclusiva. Nesse sentido, a prancha média geral (PRMED) envolve todo o tempo atracado (ocupando o berço), ou seja, a diferença entre a Data/Hora da Desatracação pela Data/Hora da Atracação. Por representar a produtividade média do porto para granéis sólidos, essa medida foi considerada como uma variável de saída ou *output* do modelo DEA.

Os valores das variáveis, coletados por meio do Painel Estatístico Aquaviário da ANTAQ (2022), referentes ao período de 28 de junho de 2021 a 21 de janeiro de 2022, estão descritos na Tabela 1.

Para medir a eficiência, aplicou-se a técnica DEA, com abordagem BCC, cuja modelagem matemática considera duas orientações para as entradas (*input*) e para as saídas (*outputs*). A perspectiva deste estudo envolve o objetivo de maximizar a prancha média geral (*output*), sem alterar a quantidade de atracações e suas respectivas cargas (*inputs*) realizadas no período. Por isso, a orientação adotada é para os *outputs*, que permitem melhorar a rapidez dos serviços dos portos na faixa do cais.

Os Modelos DEA-BCC, com orientação para *input* e *output*, estão expressados matematicamente em (1) e (2), do Quadro 1.

Quadro 1. Modelos DEA-BCC, com orientação ao input e ao output

DEA-BCC Orientação ao <i>Input</i>	DEA-BCC Orientação ao <i>Output</i>
$Min h_o$	$Max h_o$
(1)	(2)
Sujeito a	Sujeito a
$h_o x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i$	$x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i$
$-y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j$	$-h_o y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j$
$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$	$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$
$\lambda_k \geq 0, \forall k$	$\lambda_k \geq 0, \forall k$

Fonte: Mello et al. (2005).



A abordagem BCC pareceu mais adequada, tendo em vista a necessidade de se comparar instalações portuárias de *inputs* baixos e *outputs* crescentes com outras de *inputs* altos e *outputs* decrescentes de escala, como é o caso das unidades em análise, que possuem alguns fatores condicionados aos limites físicos do porto, como o tamanho e a escala em que operam serem variáveis.

### A escolha das variáveis do modelo DEA pela Análise de Regressão Múltipla

A escolha das variáveis do modelo DEA foi realizada por meio de Análise de Regressão Múltipla, técnica estatística que permitiu avaliar a capacidade explicativa de variação dos *inputs* do modelo DEA na variável de *output*, representada em (1), sendo a variável PRMED a dependente.

$$\hat{Y}_i = \alpha + \beta_1 \cdot X_{1i} + \beta_2 \cdot X_{2i} + \dots + \beta_k \cdot X_{ki} \quad 1)$$

Onde:

$\hat{Y}$  = valor esperado da variável dependente  $Y = \widehat{PRMED}$ ;

$\alpha; \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  são as estimativas dos parâmetros do modelo;

$X_{1i}, \dots, X_{7i}$  = variáveis independentes do modelo = QATRAC, CARGT, OPERA, TATRAC, ESTAD, TOIOC, DESAT.

A estimação dos parâmetros do modelo se deu por meio do método dos mínimos quadrados ordinários.

Para o modelo DEA, consideraram-se os valores referentes à movimentação de granéis sólidos na faixa do cais dos portos relacionados à amostra, descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Dados referentes à movimentação de granéis sólidos nos portos do Sul do Brasil – 2016 a 2020 (continua)

Instalação Portuária	Ano	QATRAC	CARGT	PRMED	OPERA	TATRAC	ESTAD	TOIOC	DESAT
Paranaguá (PR)	2016	1.909	27.941.109	465	74	443	523	2	3
	2017	1.958	32.577.388	505	74	220	299	2	3





## Análise de eficiência dos portos do Sul do Brasil no transbordo de granéis sólidos

Sandra Regina da Silva Pinela, Weimar Freire da Rocha Júnior, Marcos Roberto Bombacini, Homero Fernandes Oliveira

Tabela 1. Dados referentes à movimentação de granéis sólidos nos portos do Sul do Brasil – 2016 a 2020 (conclusão)

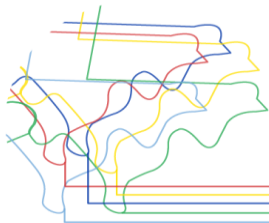
Instalação Portuária	Ano	QATRAC	CARGT	PRMED	OPERA	TATRAC	ESTAD	TOIOC	DESAT
	2018	2.012	34.922.916	525	71	263	339	2	3
	2019	2.081	34.235.101	522	71	186	262	2	4
	2020	2.126	36.450.730	533	69	296	371	2	4
Antonina (PR)	2016	54	1.181.501	138	136	127	276	4	9
	2017	47	620.205	123	144	150	306	3	9
	2018	40	728.719	146	112	117	242	4	9
	2019	49	859.458	126	128	127	267	4	8
	2020	49	785.712	138	106	142	258	4	6
	2020	49	785.712	138	106	142	258	4	6
São Francisco do Sul (SC)	2016	229	7.544.972	418	81	165	248	1	0
	2017	250	8.960.387	487	74	180	255	0	0
	2018	232	8.585.047	453	87	150	238	0	0
	2019	242	8.373.955	454	78	112	191	0	0
	2020	238	8.816.450	561	67	80	147	0	0
Imbituba (SC)	2016	156	4.133.807	227	104	91	206	7	4
	2017	140	3.615.418	260	88	93	193	8	4
	2018	139	3.791.472	297	90	104	203	6	4
	2019	141	4.584.917	334	88	77	175	6	4
	2020	145	4.808.075	365	81	89	180	6	4
Rio Grande (RS)	2016	319	9.108.594	357	56	152	220	7	5
	2017	326	10.512.653	408	53	84	151	7	6
	2018	333	10.872.872	392	56	62	133	8	6
	2019	310	10.196.996	402	55	46	115	8	5
	2020	332	9.731.116	326	62	54	129	8	5
Porto Alegre (RS)	2016	79	729.776	102	71	1	92	10	10
	2017	82	775.986	113	66	0	84	8	9
	2018	71	680.240	115	69	0	83	6	8
	2019	74	734.264	113	69	1	88	9	10
	2020	75	642.265	116	56	1	74	7	11

Notas:

PRMED = Prancha média geral  
 QATRA = Quantidade de atracções em unidades  
 CARGT = Carga bruta em toneladas  
 OPERA = Tempo de operação da carga em horas

DESAT = Tempo de atracção em horas  
 ESTAD = Tempo de estadia da carga em horas  
 TOIOC = Tempo Ocioso para iniciar a operação da carga em horas  
 DESAT = Tempo de desatracção em horas

Fonte: ANTAQ (2022).



## Análise de eficiência dos portos do Sul do Brasil no transbordo de granéis sólidos

Sandra Regina da Silva Pinela, Weimar Freire da Rocha Júnior, Marcos Roberto Bombacini, Homero Fernandes Oliveira

A partir da escolha da variável PRMED como o *output* do modelo DEA, as demais variáveis da Tabela 1 foram submetidas ao Modelo de Regressão Linear (1) para avaliar sua importância para PRMED, cujo resultado está demonstrado em (2).

$$\widehat{PRMED}_i = 382,91597 - 0,27355 \cdot QATRAC_i + 0,00002 \cdot CARGT_i - 0,6125 \cdot OPERA_i - 22,55035 \cdot DESAT_i \quad 2)$$

Os parâmetros do Modelo (1) permitiram escolher quatro variáveis, entre as originais, que apresentaram significância estatística para explicar a variável PRMED, conforme consta no Quadro 2.

Quadro 2. Resultados do modelo de Regressão Linear para escolha das variáveis DEA

	Model 1	p-valor
(Intercept)	382,91597 (43,87938)	<0,001
QATRAC	-0,27355 (0,06490)	<0,001
CARGT	0,00002 (0,00000)	<0,001
OPERA	-0,61250 (0,31780)	<0,1
DESAT	-22,55035 (2,99755)	<0,001
N	30	
R2	0,96090	

Fonte: Os autores (2022).

O valor do N (Quadro 2) refere-se aos seis portos analisados em cinco anos de operação, totalizando 30 amostras. O R2 do modelo é de 96%, o que demonstra elevada capacidade explicativa da variação de QATRAC, CARGT, OPERA e DESAT no comportamento da variável PRMED, com significância estatística de 0,001 para as variáveis QATRAC, CARGT e DESAT e de 0,1 para OPERA e erros-padrão, entre parênteses.



A partir da análise de regressão múltipla, as variáveis do modelo DEA foram determinadas. Utilizou-se o Sistema Integrado de Apoio à Decisão (SIADv3.0), desenvolvido por Meza *et al.* (2003), para simular o modelo, cujos resultados são tratados na seção a seguir.

## Descrição, interpretação e análise

A aplicação do DEA tem a finalidade de levantar possíveis ineficiências no transbordo de granéis sólidos na faixa de cais dos portos do Sul do Brasil. Com esse propósito, o modelo DEA foi delineado e composto por trinta DMUs, representadas pelas seis unidades portuárias constantes na Tabela 1, em cinco anos de operação (2016 a 2020). Também, compõem o modelo as quatro variáveis de *input*, resultantes da análise de regressão múltipla, e uma variável de *output*, já mencionada na seção anterior. Na Tabela 2, são apresentados os resultados das simulações.

Tabela 2 – Resultados do DEA-BCC orientado a *output* dos portos do Sul do Brasil (continua)

DMU	DEA Padrão	Fronteira Invertida	Eficiência Pura	Pesos das Variáveis					
				QATRAC	CARGT	OPERA	DESAT	PRMED	v0
PAR2016	86%	100%	52%	0	0	0	0	2,2E-03	1,2E+00
PAR2017	95%	98%	59%	0	-1,0E-08	0	2,4E-02	2,0E-03	1,2E+00
PAR2018	100%	98%	62%	-8,0E-05	0	0	2,4E-02	1,9E-03	1,1E+00
PAR2019	98%	100%	59%	0	0	0	0	1,9E-03	1,1E+00
PAR2020	100%	100%	61%	0	0	1,6E-02	0	1,9E-03	0
ANT2016	81%	92%	54%	0	3,9E-07	0	0	7,2E-03	7,7E-01
ANT2017	100%	100%	61%	0	2,3E-06	1,9E-03	6,1E-02	8,1E-03	-1,2E+00
ANT2018	100%	78%	74%	0	1,4E-06	0	0	6,8E-03	0
ANT2019	84%	96%	54%	0	4,6E-07	0	3,0E-02	7,9E-03	5,5E-01
ANT2020	100%	82%	72%	0	4,4E-07	3,9E-03	2,0E-02	7,2E-03	1,2E-01
SFS2016	100%	45%	94%	0	2,7E-07	0	1,9E-01	2,4E-03	-1,0E+00
SFS2017	100%	42%	96%	0	-1,1E-06	0	9,2E+00	2,1E-03	1,0E+01
SFS2018	97%	45%	93%	3,5E-02	0	0	9,5E-01	2,2E-03	-7,1E+00
SFS2019	89%	43%	89%	0	2,5E-07	0	1,8E-01	2,2E-03	-9,5E-01
SFS2020	100%	36%	100%	4,1E-03	0	0	8,4E-03	1,8E-03	2,0E-02
IMB2016	71%	67%	63%	0	2,8E-07	0	6,6E-02	4,4E-03	-1,1E-02
IMB2017	96%	55%	86%	0	7,7E-07	3,0E-02	5,6E-01	3,8E-03	-6,6E+00
IMB2018	99%	49%	91%	0	2,7E-07	5,8E-03	8,2E-02	3,4E-03	-8,5E-01
IMB2019	95%	46%	91%	0	1,9E-07	0	4,5E-02	3,0E-03	-7,6E-03
IMB2020	100%	42%	96%	1,3E-02	0	1,5E-02	1,1E-01	2,7E-03	-2,4E+00



## Análise de eficiência dos portos do Sul do Brasil no transbordo de granéis sólidos

Sandra Regina da Silva Pinela, Weimar Freire da Rocha Júnior, Marcos Roberto Bombacini, Homero Fernandes Oliveira

Tabela 2 – Resultados do DEA-BCC orientado a *output* dos portos do Sul do Brasil (conclusão)

DMU	DEA Padrão	Fronteira Invertida	Eficiência Pura	Pesos das Variáveis					
				QATRAC	CARGT	OPERA	DESAT	PRMED	v0
RGD2016	100%	57%	87%	0	3,2E-07	2,1E-01	3,4E-01	2,8E-03	-1,6E+01
RGD2017	100%	54%	89%	3,0E-04	2,9E-07	2,0E-01	3,2E-01	2,5E-03	-1,5E+01
RGD2018	89%	57%	80%	0	0	2,8E-02	0	2,6E-03	-4,4E-01
RGD2019	100%	54%	89%	1,0E-02	0	1,9E-01	2,4E-01	2,5E-03	-1,4E+01
RGD2020	64%	65%	61%	0	-1,0E-08	3,3E-02	0	3,1E-03	-4,3E-01
POA2016	81%	100%	49%	0	6,0E-07	5,3E-03	2,7E-02	9,8E-03	1,6E-01
POA2017	92%	91%	61%	0	5,5E-07	5,8E-03	3,5E-02	8,9E-03	-4,2E-02
POA2018	100%	90%	67%	0	5,4E-07	5,7E-03	3,5E-02	8,7E-03	-4,2E-02
POA2019	90%	90%	60%	0	5,4E-07	4,8E-03	2,4E-02	8,9E-03	1,4E-01
POA2020	100%	100%	61%	0	1,3E-06	2,6E-03	0	8,6E-03	0

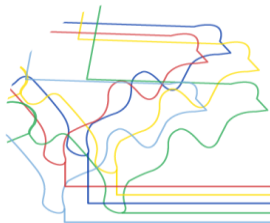
Fonte: Os autores (2022).

O DEA Padrão (Tabela 2) mostrou 11 DMUs na fronteira de eficiência, ou seja, com 100% de eficiência, o que equivale a quase 37% das DMUs componentes do modelo. Elas foram representadas pelos portos de: Paranaguá (2018 e 2020), Antonina (2017, 2018 e 2020), São Francisco do Sul (2016, 2017 e 2020), Imbituba (2020), Rio Grande (2016, 2017 e 2019) e Porto Alegre (2018 e 2020). Ainda, Imbituba (2018) obteve 99% de eficiência e Paranaguá (2019) alcançou 98% da fronteira de eficiência.

No entanto, o DEA padrão permite a presença de falsa eficiência. Assim, para corrigir essa distorção, baseando-se em Entani, Maeda e Tanaka (2002), inverteram-se os *inputs* com os *outputs* do modelo original, o que mostrou a fronteira de ineficiência, ou fronteira invertida, constante na Tabela 2.

Dessa forma, verificou-se que os portos de Paranaguá (2016, 2019 e 2020), Antonina (2017) e Porto Alegre (2020) se mostraram 100% ineficientes. Ainda, Paranaguá (2017 e 2018) e Antonina (2019) foram 96% ineficientes. Esses resultados indicam que o porto de Paranaguá foi ineficiente durante todo o período analisado, em contraposição ao DEA Padrão.

Para analisar o DEA padrão e a fronteira invertida de forma conjunta, Meza *et al.* (2005) sugerem calcular a eficiência composta das DMUs, que considera a média aritmética entre a eficiência padrão e o valor obtido da subtração da eficiência invertida, cujo valor resultante deve ser dividido pelo maior valor entre todos os



obtidos na eficiência composta. Esse procedimento leva à fronteira normalizada que mostra a eficiência pura das DMUs.

Construída a fronteira normalizada, examinou-se que o porto de Paranaguá não apresentou eficiência pura no período analisado, com média de 59% de eficiência. A partir do modelo, esse resultado exprime a necessidade de melhorar a prancha média geral do porto, mantendo o número de atracações e o volume de carga operados.

Os demais portos obtiveram as seguintes médias de eficiência pura: Porto de Antonina, 63%; São Francisco do Sul, 94%; Imbituba, 85%; Rio Grande, 81%; e Porto Alegre, 60%. Os resultados das análises mostraram que o porto de São Francisco do Sul obteve maior eficiência relativa em comparação aos demais portos, seguido de Imbituba e de Rio Grande.

Não obstante, o DEA permite verificar a contribuição das variáveis do modelo por meio dos pesos atribuídos para o alcance da eficiência. No DEA clássico, pode ocorrer de alguma DMU escolher seu próprio conjunto de pesos para obter o melhor resultado possível em relação às demais. Essa flexibilidade possibilita identificar unidades ineficientes na fronteira invertida (MELLO *et al.*, 2005).

Em observação aos pesos das variáveis (Tabela 2), identificou-se que o tempo de desatracação (DESAT) e de carga bruta (CARGT) contribuíram mais vezes com as DMUs para o alcance da eficiência. O tempo de operação da carga (OPERA) contribuiu com 54% das DMUs e a quantidade de atracações (QATRAC) teve contribuição com apenas 20% das DMUs.

Apenas o porto de Rio Grande, em 2017, obteve contribuições de todas as variáveis, mas alcançou 89% de eficiência pura e, apesar do porto de São Francisco do Sul ser o único a alcançar 100% de eficiência pura, em 2020, atribui zero para as variáveis CARGT e OPERA, ou seja, fora considerada somente a variável PRMED.

A interpretação do valor de  $v_0$ , da Tabela 2, refere-se aos fatores de escala do modelo DEA aplicado. Em caso de resultarem em valores positivos, indicam retornos decrescentes de escala; já no caso de serem negativos, indicam retornos crescentes de escala; e, caso sejam nulos, indicam retornos constantes de escala. Portanto, analisa-se que os portos de Paranaguá (2020), Antonina (2018) e Porto Alegre (2020) apresentaram retornos constantes de escala. Além do mais, Paranaguá (2016 a 2019), Antonina (2016, 2019, 2020), São Francisco do Sul (2017, 2020) e Porto Alegre (2016, 2019) operaram com retornos decrescentes de escala. Destaca-se, também, que o



## Análise de eficiência dos portos do Sul do Brasil no transbordo de grãos sólidos

Sandra Regina da Silva Pinela, Weimar Freire da Rocha Júnior, Marcos Roberto Bombacini, Homero Fernandes Oliveira

porto Rio Grande operou em todo o período analisado com retornos crescentes de escala, assim como o porto de Imbituba.

O DEA calcula os alvos de cada variável para o alcance da fronteira de eficiência, baseados nas folgas que indicam os excessos em relação a algum *input* ou *output* do porto, conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3. Folgas e alvos das DMUs para alcance da eficiência

DMU	Efic.	QATRAC		CARGT		OPERA		DESAT	
		Folga	Alvo	Folga	Alvo	Folga	Alvo	Folga	Alvo
PAR2016	86%	364	1.545	0	27.941.109	6	68	0	3
PAR2017	95%	102	1.856	0	32.577.388	4	70	0	3
PAR2019	98%	106	1.975	0	34.235.101	2	69	0	4
ANT2016	81%	2	52	0	1.181.501	27	109	1	8
ANT2019	84%	3	46	0	859.458	19	109	0	8
SFS2018	97%	0	232	616.249	7.968.798	11	76	0	0
SFS2019	89%	7	235	0	8.373.955	6	72	0	0
IMB2016	71%	28	128	0	4.133.807	17	87	0	322
IMB2017	96%	17	123	0	3.615.418	0	88	0	4
IMB2018	99%	19	120	0	3.791.472	0	90	0	4
IMB2019	95%	1	140	0	4.584.917	5	83	0	4
RGD2018	89%	26	307	723.691	10.149.181	0	56	1	5
RGD2020	64%	42	290	0	9.731.116	0	62	3	2
POA2016	81%	12	67	0	729.776	0	71	0	10
POA2017	92%	9	73	0	775.986	0	66	0	9
POA2019	90%	5	69	0	734.264	0	69	0	10

Fonte: Os autores (2022).

A análise apontou folgas em torno de 54% das DMUs. A quantidade de atracções (QATRAC) foi maior do que a necessária para o alcance da eficiência dos portos, sendo essa um dos fatores que afetam o desempenho dos portos. Esse resultado indica prioridade, para os tomadores de decisão sobre os portos, em adotarem atracções de navios maiores do que as praticadas.

No caso de Paranaguá e Imbituba, onde esse tipo de folga ocorreu, a sugestão é de operarem com navios graneleiros de maior capacidade de carga bruta, tendo em vista que nessas instalações o calado (distância vertical entre a quilha e a linha de





flutuação) varia entre 11,5 e 13,5 metros<sup>2</sup> e, para receberem navios do tipo Panamax – que, segundo Magalhães (2011), possuem capacidade de carga bruta que varia de 60 a 80 toneladas e calado de 12,3 metros –, podem envolver apenas ajustes de locais para carregar e descarregar mercadorias no cais.

Com relação às folgas relacionadas ao peso das cargas (CARGT), os portos de São Francisco do Sul e de Rio Grande, no ano de 2018, operaram com volumes maiores que o indicado para o alcance da fronteira de eficiência. Esses resultados podem significar a possibilidade de os portos operarem naquele período com navios menores que, para o porto de São Francisco do Sul, reduziria o tempo de operação – variável que também apresentou folga –, além de economizar em outros recursos.

O porto de São Francisco do Sul se destacou, em 2020, por ser *benchmark* de vários outros portos, com percentual acima de 20% para os portos de Paranaguá (2016 – 31%), Imbituba (2017 – 20%; 2018 – 25%) e Rio Grande (2018 – 21%; 2020 – 63%). Esses resultados corroboram para o índice médio de eficiência pura, de 94%, alcançado pelo porto de São Francisco no período de análise.

### Considerações finais

Neste estudo, propôs-se a analisar, sob a perspectiva econômica, a eficiência técnica dos portos marítimos do Sul do Brasil, por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA), referente ao período de 2016 a 2020, com enfoque no transbordo de granéis sólidos na faixa do cais, para identificar possíveis ineficiências.

Os portos de São Francisco do Sul e de Imbituba alcançaram percentuais de eficiência maiores que as demais DMUs, sendo considerada a produtividade dessas instalações portuárias que envolve a prancha média geral, a quantidade de atracções, o volume da carga bruta, o tempo de operação e o tempo para desatracção dos navios.

O tamanho desses portos, em relação ao de Paranaguá e ao de Rio Grande, não afetou a eficiência, o que corrobora com os argumentos de Coto-Millan, Baños-Pinoa e Rodriguez-Alvarez (2000) de que economia de escala não tem importância para a eficiência portuária. Além de Barros (2003) e Pinela *et al.* (2019), que consideraram mais flexíveis os portos de pequeno porte e, por isso, mais eficientes.

---

<sup>2</sup> Conforme dados disponíveis nas páginas dos portos na internet, sendo, Porto de Paranaguá (<https://www.portosdoparana.pr.gov.br/Operacional/Pagina/Dados-Gerais>) e Porto de Imbituba (<https://portodeimbituba.com.br/porte-de-embarcacoes>).



Portanto, ao considerar-se produtividade e rapidez na faixa do cais, constatou-se maior eficiência para os portos que possuem maior capacidade de calado dos berços de atracação e canais de acesso, independentemente do tamanho do porto.

Apesar dos portos de Paranaguá e de Rio Grande serem considerados de grande porte e terem ocupado posição significativa (5° e 12° lugar, respectivamente), em 2021, no *ranking* da movimentação de granéis sólidos do Brasil (ANTAQ, 2022), ambos apresentaram limitações de navegabilidade no canal de acesso, cujos calados<sup>3</sup> são de 12,5 metros, no porto de Paranaguá, e de 12,8 metros, em Rio Grande. Nos portos de São Francisco do Sul e de Imbituba, o calado dos acessos são de 13,5 e 14 metros, respectivamente, o que permite maior produtividade ou eficiência.

As limitações de calado nos canais de acesso dos portos referem-se aos aspectos de ineficiência de infraestrutura e contrapõem os argumentos apresentados por Wanke, Barbastefano e Hijjar (2011), Peixoto (2013), Rios (2015) e Pires (2016), sobre o tamanho do porto favorecer a eficiência.

Conforme apontado por Núñez-Sánchez e Coto-Millán (2012), a atuação dos portos envolve estabelecer em sua área de abrangência um dinamismo, provocado pela atração de indústrias e estruturas de apoio, como os portos secos e novos empreendimentos. O resultado deve levar ao aumento de postos de trabalho, à elevação da renda, entre outros fatores econômicos-sociais, e, conseqüentemente, ao maior desenvolvimento regional.

Por atender as demandas de regiões produtoras localizadas no interior do país, as ineficiências em infraestrutura portuária irão refletir em perda de dinamismo em áreas de influência dos portos, como na região Trinacional do Iguaçu, no Paraná, que é atendida pelos portos de Paranaguá e Antonina.

Sobre os problemas de navegabilidade no canal de acesso, como ocorre no porto de Paranaguá, torna-se importante considerar projetos para a criação de novas áreas de terra seca na região do porto, por meio da construção de diques, no sentido de levar a área do cais para águas mais profundas no mar, o que, conseqüentemente, ampliará o calado dos berços de atracação.

---

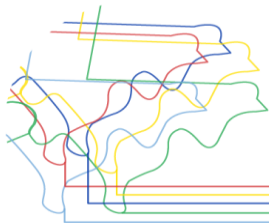
<sup>3</sup> As dimensões do calado podem ser encontradas em suas páginas da internet, sendo Porto de Paranaguá (<https://www.portosdoparana.pr.gov.br/Operacional/Pagina/Dados-Gerais>), Porto de Imbituba (<https://portodeimbituba.com.br/porte-de-embarcacoes>), Porto de São Francisco do Sul (<https://portosaofrancisco.com.br/caracteristicas/>), e Porto de Rio Grande ([http://www.portosrs.com.br/site/estrutural/estrutura\\_portuaria/cais\\_acostaveis](http://www.portosrs.com.br/site/estrutural/estrutura_portuaria/cais_acostaveis)).



Portanto, os principais fatores de ineficiência observados estão relacionados com as folgas nos *inputs* e referem-se aos aspectos de infraestrutura que afetam a prancha média geral dos portos do Sul do Brasil no transbordo de granéis sólidos na faixa do cais.

## Referências

- ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Painel Estatístico Aquaviário**, 2.1.4. Disponível em: <<https://www.gov.br/antag/pt-br>>. Acesso em: 28 fev. 2022.
- BARROS, C. P. The measurement of efficiency of Portuguese sea port authorities with DEA. **International Journal of Transport Economics**, v. XXX, n. 3, oct. 2003.
- CASTILLO-MANZANO, J. I.; GONZÁLEZ-LAXE, F.; LÓPEZ-VALPUESTA, L. Intermodal connections at Spanish ports and their role in capturing hinterland traffic. **Ocean e Coastal Management**, n. 86, p. 1-12, 2013.
- COMEX. Ministério da Economia, Comércio Exterior. **Balança comercial brasileira**: acumulado do ano. Jan-Abr de 2020. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior>. Acesso em: 29 maio 2021.
- COTO-MILLAN, P.; BAÑOS-PINO, J.; RODRIGUEZ-ALVAREZ, A. Economic efficiency in Spanish ports: some empirical evidence. **Maritime Policy & Management**, v. 27, n. 2, 2000.
- CULLINANE, K.; WANG, T. Data envelopment analysis (DEA) and improving container port efficiency. **Research in Transportation Economics**, v. 17, p. 517-566, 2006.
- DRUCKER, P. F. **The practice of management**. 1. ed. New York: Harper, 1954.
- FAJARDO, A. P. C. **Uma Contribuição ao Estudo do Transporte Intermodal**: Otimização da Expansão Dinâmica das Redes Intermodais do Transporte de Soja Produzida no Estado de Mato Grosso. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- FARREL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society, Series A**, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.
- LÓPEZ, R. C.; POOLE, N. Quality assurance in the maritime port logistics chain: the case of Valencia, Spain. **Supply Chain Management**, v. 3, p. 33-44, 1998.
- MAGALHÃES, P. **Transporte Marítimo**: cargas, navios, portos e terminais. São Paulo: Editora Aduaneiras, 2011.
- MARAD. Maritime Administration. **Glossary of shipping terms**. Washington: U.S. Department of Transportation, 2008.



## Análise de eficiência dos portos do Sul do Brasil no transbordo de grãos sólidos

Sandra Regina da Silva Pinela, Weimar Freire da Rocha Júnior, Marcos Roberto Bombacini, Homero Fernandes Oliveira

- MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L. Curso de análise de envoltória de dados. In: XXXVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL. **Anais...** Gramado: SBPO, 2005.
- MÉNDEZ SAYAGO, J. A.; MÉNDEZ SAYAGO, J. M.; HERNÁNDEZ ESCOLAR, H. A. Productividad total de los factores, cambio técnico, eficiencia técnica y PIB potencial en Latinoamérica. **Semestre Económico Universidad de Medellín**, v. 16, n. 34, 2013.
- MENEGAZZO, L. R.; FACHINELLO, A. L. Análise de nível de eficiência dos portos brasileiros. **Revista de Economia**, v. 40, n. 3 (ano 38), p. 173-197, set/dez. 2014.
- MEZA, L.; BIONDI NETO, L., MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; COELHO, P. H. G. SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão: Uma Implementação Computacional de Modelos de Análise Envoltória de Dados. **Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção**, v. 3, n. 20. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2003.
- MEZA, L. A.; BIONDI, L. N.; 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, n. 3, 2005, p. 493-503.
- MEZZADRI, A. J.; IODICE, G.; BERNARDO, J. V.; MANZONI, L.; BARANYI, L.; TEIXEIRA, L. B.; LAURO, M. '50 melhores empresas de agronegócio do Brasil'. **Forbes**, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 231-233, 2018.
- NÚÑEZ-SÁNCHEZ, R.; COTO-MILLÁN, P. The impacto of public reforms on the productivity of Spanish ports: A parametric distance function approach. **Transport Policy**, v. 24, p. 99-108, 2012.
- NWANOSIKE, F.; T.; NICOLETA, S.; WARNOCK-SMITH, D. An evaluation of Nigerian ports post-concession performance. In: **Proceedings of the 17th Annual Logistics Research Network Conference**. Chartered Institute of Logistics and Transport, 2012.
- OLIVEIRA, A. R. S.; SALOMÃO, M. A.; CASTAÑON, J. A. B. 2021. Análise da demanda dos transportes aéreo doméstico e rodoviário no cenário da pandemia de Covid-19 no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7 n. 3, p. 21709-21729, fev./mar. 2021.
- PEIXOTO, M. G. M. **Avaliação da eficiência operacional de terminais intermodais da região sudeste na cadeia logística de grãos por análise envoltória de dados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.
- PINELA, S. R. S.; ROCHA JR, W. F.; BOMBACINI, M. R.; DEL BIANCO, T. S. A eficiência relativa dos portos do Sul do Brasil no transbordo de grãos sólidos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 19, 2019, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2019.
- PIRES, J. S. **A eficiência técnica dos portos e terminais públicos e privados brasileiros marítimos no período de 2010 a 2014**. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. Brasília, 2016.
- RIOS, C. O. **Mensuração de eficiência: um novo exame aplicado aos portos públicos brasileiros**. Dissertação (Mestrado em Economia do Desenvolvimento) – Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.



SABET, E.; YAZDANI, N.; LEEUW, S. Supply chain integration strategies in fast evolving industries. **The International Journal of Logistics Management**, v. 28, n. 1, p. 29-46, 2017.

SEP/PR. SECRETARIA DOS PORTOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Portos do Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br>>. Acesso em: 23 maio 2016.

UNCTAD. United Nations Conference on Trade and Development. **Review of maritime transport**. United Nations Publication: Geneva, 2014.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 5. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2004.

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

VIEIRA, G. B. B.; KLIEMANN NETO, F. J. Taxonomy for the classification of container ports: A contribution to port governance. **Revista Espacios**, v. 37, n. 03, p. 23-39, 2016.

WANKE, P. F.; HIJJAR, M. F. Exportadores brasileiros: estudo exploratório das percepções sobre a qualidade da infraestrutura logística. **Produção**, v. 19, n. 1, p. 143-162, jan./abr. 2009.

WANKE, P. F.; BARBASTEFANO, R. G.; HIJJAR, M. F. Determinants of efficiency at major brazilian port terminals. **Transport Reviews**, v. 31, n. 5, p. 653-677, set. 2011.

WANKE, P. F.; BARROS, C. P. Public-private partnerships and scale efficiency in Brazilian ports: Evidence from two-stage DEA analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 51, p. 13-22, 2015.

## Glossário

*Calado*: distância vertical entre a quilha e a linha de flutuação da embarcação.