

Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros

Cristina Maria Machim Acosta, Ana Maria Volkmer de Azambuja da Silva,
Milton Luiz Paiva de Lima*

Universidade Federal do Rio Grande

Recebido em 23 de dezembro de 2010; recebido em versão revisada em 21 de janeiro de 2011; aceito em 31 de janeiro de 2011

Resumo

Este estudo teve como objetivo identificar benchmarkings em portos brasileiros utilizando a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA). Essa técnica possibilitou a construção de um escore de eficiência técnica a partir de insumos e produtos considerados importantes no processo de movimentação de cargas portuárias. A partir desses índices foi possível verificar quais portos vem apresentando melhores desempenhos, isto é, otimizando seus recursos para a movimentação de suas cargas. Os portos que se mostraram eficientes foram Areia Branca (RN), Itaqui (MA), Natal (RN), Santos (SP) e São Francisco do Sul (SC). Analisando esses portos percebe-se que fatores como tipo de carga movimentada, localização e modernização contribuíram para que atingissem a fronteira de eficiência.

Palavras-chave: análise envoltória de dados; portos brasileiros; eficiência

Abstract

This study aimed to identify benchmarkings in Brazilian ports using the technique of Data Envelopment Analysis (DEA). This technique enabled the construction of a score of technical efficiency from inputs and outputs considered important in the process of port handling services. From these indices it was possible to verify which ports have been presenting better performances, in other words, optimizing their resources to improve the movement of their cargo. The ports that showed to be more efficient were Areia Branca (RN), Itaqui (MA), Natal (RN), Santos (SP) and São Francisco do Sul (SC). The analysis of these ports showed that factors like the kind of cargo moved, location and modernization contributed for them to reach the frontier of efficiency.

Key words: data envelopment analysis; Brazilian ports; efficiency

* Autor correspondente. Email: mlplfurg@gmail.com.

Citação Recomendada

Acosta, C. M. M., Silva, A. M. V. A. e Lima, M. L. P. (2011) Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros. Revista de Literatura dos Transportes, vol. 5, n. 4, pp. 88-102.

■ A RELIT é um Periódico de Acesso Livre (Open Access Journal), com foco em Gestão e Economia dos Transportes e mantido pela Sociedade Brasileira de Planejamento dos Transportes (SBPT), website www.pesquisaemtransportes.net.br. E-ISSN 2177-1065.

Artigo disponível sem restrições em www.relit.org.br/r2011-076.htm.

1. Introdução

A competitividade dos portos é uma exigência do mundo globalizado e, no Brasil, passou a ter destaque com a promulgação da *Lei de Modernização dos Portos* (Lei 8.630/93). Praticamente todos os serviços e estruturas até então operados pelo governo (federal, estadual ou municipal) foram privatizados por meio de contratos ou arrendamentos, ficando o governo apenas com a administração e com o papel de Autoridade Portuária. Com a disputa por clientes, os terminais realizaram elevados investimentos em equipamentos destinados à movimentação de mercadorias, adotaram métodos inovadores de gerenciamento empresarial e movimentação de carga e descarga, o que refletiu na qualidade dos serviços e na redução de preços. Esse aumento na qualidade dos serviços e redução de custos levou ao aumento das importações e principalmente das exportações, propiciando maior competitividade e, conseqüentemente, refletindo na economia brasileira.

Apesar disso, diversas variáveis ainda precisam ser analisadas na maioria dos portos brasileiros, tais como: terminais dedicados; falta de estacionamentos para caminhões; excesso de mão-de-obra; dragagem; questões ambientais quanto à disposição dos sedimentos originais da dragagem; lentidão no processo de regionalização dos portos; ausência de articulação entre os órgãos governamentais e os empreendedores, na busca de soluções integradas; problemas de acesso aos portos (rodoviário, ferroviário); infra-estrutura; procedimentos aduaneiros; proximidade dos portos com centros produtivo-consumidores de bens e serviços; entre outras.

Percebe-se que a administração de um porto é de extrema complexidade, pois envolve inúmeras variáveis importantes no processo de movimentação de suas cargas e, conseqüentemente, para que o mesmo se mostre eficiente. Apesar de avanços importantes com relação à prestação de serviços, equipamentos e, de forma mais ampla, a adaptação dos portos à “Lei de Modernização dos Portos”, essas reformas ainda se encontram em andamento. Alguns portos ainda enfrentam problemas de espaço e estrutura física para operação, diminuindo sua competitividade, principalmente para o comércio exterior.

Nóbrega (2005) e Fialho (2006) sugerem que os portos passem por constantes avaliações, como forma de se verificar se estão atendendo as demandas de forma eficiente.

Assim, conhecendo algumas características portuárias e os produtos movimentados em portos brasileiros, pretende-se definir um escore capaz de medir seus desempenhos e identificar aqueles que se mostram mais eficientes na operação de seus serviços.

Na seção 2 será introduzido o método de Análise Envoltória de Dados, utilizado para análise de eficiente técnica, bem como o modelo adotado. A seção 3 comenta sobre os insumos e produtos disponíveis nos portos brasileiros e quais poderão ser incluídos no modelo proposto. A seção 4 justifica a escolha da amostra. A seção 5 apresenta o índice de eficiência construído a partir do modelo adotado e analisa os resultados. A seção 6 caracteriza os portos que se mostraram eficientes nessa amostra e a seção 7 destaca as principais conclusões.

2. Referencial Teórico

De acordo com Pearson (1993), no processo de produção, as empresas transformam fatores de produção (insumos) em produtos.

Coelli et al. (1997), define a produtividade de uma empresa como a relação entre a(s) quantidade(s) de insumo(s) necessária(s) para produzir(em) determinada(s) quantidade(s) de produto(s). Ou seja:

$$\text{Produtividade} = \text{produto}(s) / \text{insumo}(s) \quad (1)$$

A eficiência técnica de uma unidade produtiva é medida através da comparação entre os valores observados e os valores ótimos de seus produtos (*outputs*) e/ou insumos (*inputs*). Esta comparação pode ser feita pela razão entre a produção observada e a produção máxima, dados os recursos disponíveis, ou pela razão entre a quantidade mínima necessária de recursos e a quantidade efetivamente empregada, dada a quantidade de produtos gerada (Gomes e Ponchio, 2005). Qualquer que seja a abordagem, a eficiência técnica é sempre ≤ 1 . Uma medida de eficiência igual a 1 significa que a unidade é tecnicamente eficiente.

2.1 Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica que utiliza modelos de programação linear para construir uma fronteira de eficiência, definida a partir de uma superfície linear por partes que se apóia sobre as observações que ficam no topo do conjunto de observações. O DEA analisa cada Unidade de Tomada de Decisão (DMU) separadamente, medindo a

eficiência de suas práticas em relação a todo conjunto de DMUs participantes da amostra através da distância entre a fronteira e aquela observação particular. Assim, essa técnica fornece uma avaliação de desempenho relativo para todas as unidades do conjunto. Não necessita de nenhuma suposição inicial sobre a forma analítica da função de produção. As duas únicas exigências é que todas as DMUs permaneçam sobre ou abaixo da fronteira de eficiência (Seiford & Thrall, 1990) e que sejam comparáveis. Permite utilizar múltiplos produtos e múltiplos insumos.

De acordo com Charnes et al (1978) *apud* Finamore et al. (2004), na técnica DEA analisa-se uma unidade por vez. Considera-se que uma unidade está operando de forma a otimizar seus recursos e, determinam-se, assim, os pesos de seus insumos e produtos. O mesmo deve ser feito para todas as demais unidades, determinando-se os pesos segundo a ótica particular de cada uma. A seguir, cada unidade é avaliada segundo a ótica das demais. Se a unidade for eficiente, obterá o índice máximo na avaliação de várias outras unidades. Algumas unidades só conseguem ser julgadas eficientes através de seus próprios critérios; outras, nem mesmo tendo a liberdade de escolher quaisquer pesos para seus insumos e produtos, conseguem se mostrar eficientes.

2.2 Modelos Básicos do DEA

Uma medida de eficiência pode ser descrita como:

$$Eficiência = \frac{\text{soma ponderada dos produtos}}{\text{soma ponderada dos insumos}} \quad (2)$$

Segundo Charnes et al. (1978) *apud* Mello et al (2004), essa técnica permite que se trabalhe com modelos com retornos de escala constantes e com retornos de escala variáveis. Ainda, esses modelos podem do tipo aditivos (redução de insumo(s) e aumento de produto(s)), multiplicativos, orientados para insumo ou orientados para produto.

Levando em consideração que os portos brasileiros possuem características diferenciadas em relação ao porte e aos produtos movimentados, optou-se em trabalhar com modelos de retornos variáveis. O modelo orientado para produto foi escolhido com o intuito de aproveitar os recursos já disponíveis como, por exemplo, berços de atracação, profundidade do canal, equipamentos, etc. Isso significa que aqueles portos que se mostrarem ineficientes devem

tentar aumentar a sua produção (captando mais cargas), considerando as quantidades de insumos disponíveis.

2.2.1 Modelo Orientado para o Produto

Os modelos orientados para produtos objetivam aumentar a quantidade de produtos mantendo os recursos disponíveis. O aumento de produtos pode ser especificado da seguinte forma:

$$s^l = \varphi Y_t + \delta_s^l \quad (3)$$

Onde s^l é a folga existente nos produtos; φ é o aumento proporcional de produtos; Y_t é o vetor de produtos observado e δ_s^l é o aumento residual adicional individual de produtos.

O modelo orientado para produto com retornos de escala variáveis utilizado nesse estudo foi:

Primal	Dual
$\max_{\theta, \lambda_j, s_r, e_i} \varphi + \varepsilon(1s + 1e)$	$\min_{\mu, \nu_i, \varpi} \nu X_t + \varpi$
$\varphi Y_t - Y\lambda + s = 0$	$\mu Y_t = 1$
$X\lambda + e = X_t$	$-\mu Y + \nu X + 1\varpi \geq 0$
$1\lambda = 1$	$\mu \geq \varepsilon 1, \nu \geq \varepsilon 1$
$\lambda \geq 0, e \geq 0, s \geq 0$	

Onde “ ε ” é a constante infinitesimal não arquimediana; “ s ” é a folga de produto(s); “ e ” representa a folga de insumo(s); “ Y ” é o vetor de produtos; “ X ” é o vetor de insumos; “ μ ” indica o(s) peso(s) alocado(s) ao(s) produto(s); “ ν ” indica o(s) peso(s) atribuído(s) ao(s) insumo(s); “ ϖ ” é o intercepto; “ λ ” são proporções das quantidades de insumos e produtos das unidades de referência que devem ser utilizadas pelas unidades ineficientes; “ θ ” é a redução proporcional de insumo(s) e “ φ ” é o aumento proporcional de produto(s). A Figura 1 representa o modelo com orientação para produtos.

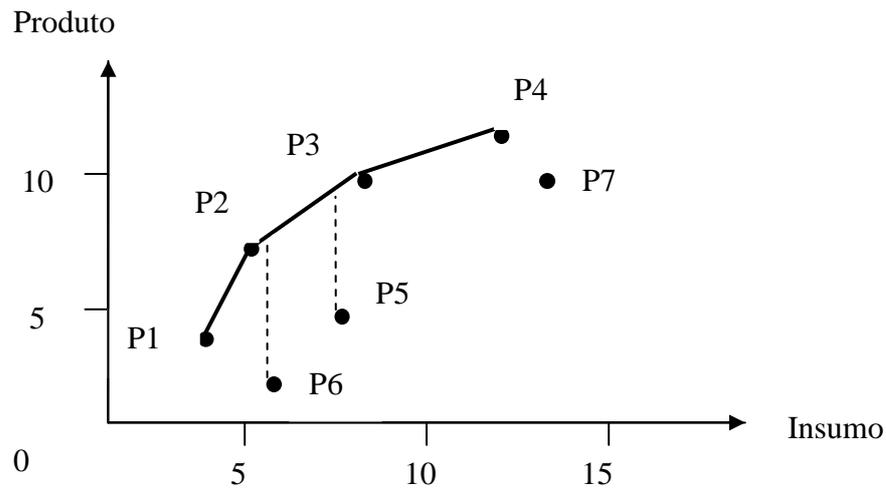


Figura 1: Superfície Envoltória para um Modelo (BCC) Orientado para Produto

FONTE: Charnes et al (1996)

2.3 Restrições nos Pesos

Segundo Roll & Golany (1993), através da estrutura dos programas lineares construídos pela AED, pode-se definir um grande número de soluções alternativas (diferentes vetores de peso). Em muitas aplicações de AED, o primeiro vetor de pesos ótimo, gerado pelo software, é usado sem que se verifiquem possíveis soluções alternativas. Pela adição de restrições, reduz-se o número de soluções alternativas, mas não se pode garantir unicidade. Ainda, esses autores perceberam que a falta de restrição na escolha dos pesos para os fatores poderia levar as unidades a atribuírem pesos absurdos como forma de atingirem à eficiente.

Novaes (2001) complementa dizendo que outro fato que deve ser levado em conta para restringir pesos, corresponde à grande diferença percebida nos pesos de uma determinada variável, entre as várias DMUs.

A restrição nos pesos consiste na imposição de limites (inferior e superior) a esses pesos. Essas restrições podem vir a reduzir o número de unidades relativamente eficientes.

Este estudo utilizou o Método de Regiões de Segurança (Assurance Region Method – AR), utilizado pelo software DEA-Solver que, segundo Cooper et al. (2006), é um caso especial do método Cone Ratio. O método *Cone Ratio* impõe restrições sobre a relação entre pesos de

insumos e/ou entre pesos de produtos. Como definido em Cooper et al. (2000) (*apud* Novaes, 2001), essa relação é da seguinte forma:

$$L_{1,2} \leq \frac{v_j}{v_i} \leq U_{1,2} \quad (5)$$

onde:

$L_{1,2}$ e $U_{1,2}$ – limites inferiores e superiores, respectivamente.

v_i , v_j – pesos dos insumos i e j , respectivamente.

Os limites inferior e superior da relação entre pesos são definidos a partir da variação existente nesses pesos atribuídos pelas DMUs. Esses limites vão sendo restringidos gradativamente até se perceber que essa variação é razoável para aquelas variáveis analisadas. Um critério que pode ser aplicado é verificar a relação média entre os pesos de duas variáveis (dois insumos ou dois produtos) atribuídos pelas DMUS, e definir seus limites a partir de um determinado número de desvios padrões distantes dessa média.

3. Seleção dos Insumos e Produtos

Os insumos que exercem influência no tipo e quantidade de carga movimentada nos portos e que foram possíveis de serem avaliados foram: número de acessos (rodoviário, ferroviário, lacustre, fluvial, marítimo e dutovias), extensão total de cais, profundidade do canal, profundidade máxima dos berços, número de berços, área de armazenagem e número de guindastes e empilhadeiras. Para a variável produto foi considerada a movimentação geral nos portos, ou seja, a soma de granéis sólidos, líquidos, carga geral e contêineres (em toneladas).

Para a construção do escore de eficiência foram escolhidos os insumos considerados importantes para a avaliação da eficiência técnica portuária, uma vez que as operações (importações e exportações) devem ocorrer dentro de um determinado prazo, com um padrão de qualidade específico, otimizando as instalações existentes. Assim, foram selecionadas variáveis que representassem as condições de acesso aquaviário, a capacidade de atendimento às embarcações e a infra-estrutura portuária, percebendo sua contribuição para a melhoria da eficiência média do conjunto. Para a construção do índice de eficiência utilizou-se o software DEA- Solver – LV, versão 3.0 (Cooper et al, 2006).

Para uma melhor interpretação dos resultados todas as variáveis foram relativizadas.

4. Seleção da Amostra

Para a análise de eficiência foram incluídos todos os portos brasileiros que disponibilizaram informações sobre suas quantidades de insumos e produtos nas seguintes fontes: “*Anuário Estatístico Portuário – 2005*” da ANTAQ (Agência Nacional de Transporte Aquaviário), “*Anuário - Portos e Navios – 2005/2006*”; e os “sites” “Portos” (acesso às *Companhias de Docas do Brasil*), “*Portos e Navios*” e “*Aviso aos Navegantes*”. A análise de eficiência dos portos brasileiros foi realizada considerando a movimentação de carga e insumos existentes em 2005.

Dos 54 portos brasileiros foram excluídos da análise os portos fluviais (com exceção do Porto de Manaus, por apresentar grande movimentação portuária) e os Terminais de Uso Privativo. De acordo com a disponibilidade de informações, foi possível manter somente vinte e sete portos. Estes são: Angra dos Reis (RJ), Antonina (PR), Aratu (BA), Areia Branca (RN), Barra do Riacho (ES), Belém (PA), Cabedelo (PB), Forno (RJ), Fortaleza ou Mucuripe (CA), Ilhéus (BA), Imbituba (SC), Itaguaí (RJ), Itajaí (SC), Itaquí (MA), Maceió (AL), Manaus (AM), Natal (RN), Paranaguá (PR), Recife (PE), Rio Grande (RS), Rio de Janeiro (RJ), Salvador (BA), Santos (SP), São Francisco do Sul (SC), São Sebastião (SP), Suape (PE) e Vitória (ES).

Como a técnica de Análise Envoltória de Dados mede, através de seus modelos, a eficiência relativa, os resultados são dependentes das unidades avaliadas, ou seja, da amostra utilizada. Assim, a inclusão ou exclusão de uma única DMU pode alterar o rol de índices de eficiência e, conseqüentemente, a relação de unidades eficientes. Com isso, cabe salientar que os resultados aqui expostos estão condicionados à amostra.

5. Análise dos Resultados

O índice de eficiência final que alcançou a maior eficiência média para os portos analisados foi:

$$\text{Eficiência} = \frac{B_1 * \text{Movimentação Geral}}{B_2 * \text{Extensão de Cais} + B_3 * \text{Profundidade do Canal} + B_4 * \text{Área de Armazenagem}} \quad (6)$$

Onde “*Extensão de Cais*”, “*Profundidade do Canal*” e “*Área de Armazenagem*” representam os insumos e a “*Movimentação Geral*” representa o produto (soma de granéis sólidos, líquidos, carga geral e contêineres).

Pode-se perceber a consistência desse índice lembrando que um dos fatores importantes para a movimentação de carga em um porto é a profundidade de seu canal de acesso, o que define o porte das embarcações que podem acessar aquele porto. O insumo “*Extensão de Cais*” define o número de embarcações que podem atracar naquele porto para realizar suas operações de carga ou descarga, aumentando a velocidade de atendimento e, conseqüentemente, diminuindo o tempo de permanência dessas embarcações no porto. A “*Área de Armazenagem*” representa uma parte da infra-estrutura existente no porto e também contribui para agilizar o processo de carga e descarga.

Avaliando os pesos atribuídos a cada variável pelos portos analisados, se observou que alguns portos apresentaram pesos elevados para as variáveis “*Profundidade do Canal*” e “*Área de Armazenagem*” e outros mostraram valores iguais a zero, principalmente para as variáveis “*Extensão de Cais*” e “*Área de Armazenagem*”. Assim, foi preciso se impor restrições nos pesos. Após várias restrições nas relações entre os insumos, observou-se que as mostradas abaixo foram as que se mostraram mais adequadas, impossibilitando que alguma DMU atribísse peso zero a alguma das variáveis.

$$0,5 \leq \frac{\text{prof. canal}}{\text{ext. cais}} \leq 1,2 \quad (7)$$

$$1,0 \leq \frac{\text{prof. canal}}{\text{área armazenagem}} \leq 5,0 \quad (8)$$

Os portos que se mantiveram eficientes após a restrição nos pesos foram: Areia Branca (RN), Itaquí (MA), Natal (RN), Santos (SP) e São Francisco do Sul (SC). O porto de Belém (PA), apesar de ineficiente, se encontra próximo à fronteira de eficiência.

Como o modelo utilizado é orientado para o produto, não existem folgas proporcionais para os insumos. A Tabela 1 analisa, em relação aos insumos, as folgas residuais e, em relação ao único produto “*Movimentação Geral*”, o aumento proporcional necessário para aqueles portos ineficientes atingirem a fronteira de eficiência.

Interpretando os resultados apresentados na Tabela 1, pode-se dizer, por exemplo, que para o porto de Angra dos Reis se tornar eficiente, deveria aumentar sua profundidade de canal em 7,21%, possui uma folga de 30,10% em Extensão de Cais e que a sua Área de Armazenagem não possui folga, ou seja, está sendo totalmente aproveitada. Com esses insumos disponíveis, poderia aumentar sua movimentação em 88,48%.

Ainda, pode-se verificar que para os portos eficientes não existem folgas em seus insumos e no produto. O porto de Belém (PA), para alcançar a fronteira de eficiência necessita aumentar em apenas 4,98% sua Movimentação Geral. Porém, existem portos que poderiam aumentar sua produção em quase 1000% como é o caso dos portos de Cabedelo (PB), Forno (RJ), Imbituba (SC), Recife (PE) e Salvador (BA).

Essa análise permite que se avaliem as regiões de retornos à escala que os portos vem trabalhando. O porto de Itaqui (MA) se encontra em região de retornos constantes à escala, indicando que deve manter seu porte para continuar na fronteira de eficiência. Os portos do Rio de Janeiro (RJ) e Santos (SP) se encontram em regiões de retornos decrescentes à escala sugerindo que esses devem diminuir de porte para alcançarem ou se manterem na fronteira de eficiência. Os demais portos estão em regiões de retornos crescentes à escala apontando para o aumento de porte.

6. Caracterização dos Portos Eficientes

Dos 27 portos analisados neste estudo, cinco portos se mostraram eficientes. A seguir serão apresentadas algumas características desses portos como forma de identificar ações e/ou padrões que contribuíssem para que atingissem a fronteira de eficiência.

O porto de Areia Branca (RN) é um porto ilha localizado estrategicamente próximo aos maiores produtores de sal do Brasil. É responsável pelo embarque do sal produzido nas salinas de Macau, Galinhos, Grossos, Mossoró e Areia Branca, destinado à indústria química. Totalmente mecanizado, possui características particulares, pois também é considerado em alguns estudos como terminal. Apesar de ter sido projetado para atender às necessidades de

Tabela 1 – Folgas (%) Residuais para os Insumos e Proporcional para o Produto “Movimentação Geral” para o ano de 2005.

Variáveis	Porto								
	Angra dos Reis (RJ)	Antonina (PR)	Aratu (BA)	Areia Branca (RN)	Barra do Riacho (ES)	Belém (PA)	Cabedelo (PB)	Forno (RJ)	Fortaleza (CE)
Profundidade do Canal	7,21	5,43	-1,95	0,00	-1,78	14,53	0,00	-2,23	2,27
Extensão de Cais	-30,10	0,00	9,20	0,01	13,58	-36,84	0,00	16,11	-8,64
Área de Armazenagem	0,00	-74,57	-35,24	0,00	-33,48	-27,82	0,00	35,89	-8,35
Movimentação Geral	88,48	760,15	74,78	0,00	282,24	4,98	999,90	999,90	299,17
	Ilhéus (BA)	Imbituba (SC)	Itaguaí (RJ)	Itajaí (SC)	Itaqui (MA)	Maceió (AL)	Manaus (AM)	Natal (RN)	Paranaguá (PR)
Profundidade do Canal	0,45	21,48	1,46	3,39	0,00	8,01	2,50	0,00	27,94
Extensão de Cais	-3,73	-50,20	21,37	0,00	0,00	-37,48	-15,71	0,00	-37,48
Área de Armazenagem	-10,24	0,00	-82,34	-51,30	0,00	0,00	0,00	0,00	-77,04
Movimentação Geral	368,60	999,90	17,64	50,70	0,00	219,47	84,85	0,00	36,92
	Recife (PE)	Rio Grande (RS)	Rio de Janeiro (RJ)	Salvador (BA)	Santos (SP)	São Francisco do Sul (SC)	São Sebastião (SP)	Suape (PE)	Vitória (ES)
Profundidade do Canal	27,00	74,46	17,10	4,95	0,00	0,00	-17,11	2,11	90,77
Extensão de Cais	-58,57	-55,52	-35,15	-20,65	0,00	0,00	71,68	-10,99	-58,70
Área de Armazenagem	0,00	-90,90	29,31	0,00	0,00	0,00	80,44	0,00	-89,97
Movimentação Geral	999,90	269,46	357,39	999,90	0,00	0,00	47,69	697,1	598,47

um único produto, existem projetos de expansão para poder movimentar outros tipos de cargas.

O Porto de Itaqui localiza-se na baía de São Marcos, em São Luís (MA). Sua influência abrange os estados do Maranhão e Tocantins, parte do Pará, Goiás e Mato Grosso. Possui silos e tanques para depósito de combustível e píer petroleiro. As cargas movimentadas são: fertilizantes, malte, minério de ferro e de manganês, alumínio, ferro gusa, soja, alumínio, petróleo e seus derivados, soda cáustica, carvão/coque, alumina e bauxita. Está próximo de mercados internacionais, tem boa logística multimodal, grande profundidade de canal, permitindo receber navios de grande porte. Têm investido em recursos humanos, equipamentos, infra-estrutura e tecnologia para atender um mercado em ascensão.

O Porto de Natal (RN) está localizado à margem direita do rio Potengi, em águas tranquilas. É o porto mais próximo da Europa. Sua influência abrange o estado do Rio Grande do Norte, especialmente os municípios de Mossoró, Pau dos Ferros, Areia Branca, Macau e Ceará-Mirim, além dos estados da Paraíba, Pernambuco e Ceará. As cargas movimentadas são: açúcar, camarão, algodão, maquinários, trigo, derivados de petróleo, destacando-se no embarque de frutas. O terminal de Dunas (privativo da Petrobrás), especializado na movimentação de combustíveis, localiza-se na área do porto organizado. Possui áreas arrendadas para outras empresas.

O Porto de Santos (SP) tem como área de influência o estado de São Paulo, parte do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais e Paraná. Estão instalados em torno de 44 terminais que movimentam granéis sólidos, líquidos, carga geral, contêineres e veículos. Outras cargas movimentadas são: sucos cítricos, farelo de polpa cítrica, produtos químicos, chapas de aço, carvão, minério de ferro e produto siderúrgico, contêineres, adubos, enxofre, soja, açúcar, café, álcool, trigo, sal, gás liquefeito de petróleo (GLP) e óleo diesel. É considerado o maior porto da América Latina, registrando grandes ampliações, melhoramentos e modernização. Investiu, também, em novas ligações ferroviárias e reaparelhamento. É o único porto brasileiro a possuir uma hidrelétrica que gera energia para

seu próprio consumo e dos navios atracados, sendo o excedente comercializado com a Eletropaulo.

O porto de São Francisco do Sul está situado no lado oeste da ilha oceânica de São Francisco, norte do estado de Santa Catarina, próximo aos principais parques industriais desse estado e no centro do Mercosul. Sua influência abrange o estado de Santa Catarina e o estado do Rio Grande do Sul. As cargas movimentadas são: produtos eletro-eletrônicos, equipamentos, carnes, frango congelado, trigo, farelo e óleo de soja, fumo, suco, arroz, milho, artigos têxteis, móveis, revestimentos, peças para veículos, móveis, cerâmicas, petróleo cru, fertilizantes, polipropileno/polietileno, resina, amianto, artigos de ferro, aço e papel. Destaca-se por estar integrado com a cidade e com a região norte catarinense. É reconhecido pelo dinamismo e agilidade nas operações.

Conclusões

A partir da técnica de Análise Envoltória de Dados foi possível a construção de um escore de eficiência capaz de verificar o desempenho operacional em portos brasileiros. Esse escore de eficiência, representado neste estudo por um produto – “*Movimentação Geral*” e três insumos: “*Profundidade do Canal*”, “*Extensão de Cais*” e “*Área de Armazenagem*”, aponta os portos brasileiros que se encontram na fronteira de eficiência. Em 2005, esses portos foram: Areia Branca (RN), Itaqui (MA), Natal (RN), Santos (SP) e São Francisco do Sul (SC).

Analisando a folga proporcional em relação ao produto, observa-se que 51,9% dos portos investigados podem aumentar a quantidade de carga movimentada em pelo menos 200%, chegando o aumento a 1000% em cinco destes portos (Cabedelo (PB), Forno (RJ), Imbituba (SC), Recife (PE) e Salvador (BA)). O porto de Belém (PA) se encontra próximo à fronteira de eficiência, com indicativo de aumento de movimentação de menos de 5%.

Os portos considerados ineficientes também possuem folgas residuais em relação aos insumos “*Profundidade do Canal*”, “*Extensão de Cais*” e “*Área de Armazenagem*”, indicando condições de captarem mais cargas. É importante ressaltar que essa captação de cargas em muitos casos está relacionada com a posição geográfica, com a aquisição e/ou modernização de seus equipamentos.

Verificou-se que o porto de São Francisco do Sul (SC) está integrado com a sua cidade, contribuindo para o desenvolvimento local e regional, sendo esta uma tendência para o desenvolvimento das regiões localizadas próximas a portos.

Observou-se que entre os cinco portos que se mostraram eficientes, com exceção do porto de Areia Branca (RN) que movimenta somente sal, os portos de Itaqui (MA), Natal (RN), Santos (SP) e São Francisco do Sul (SC) transportam carga geral, granéis sólidos, granéis líquidos e contêineres.

Referências

- ANTAQ (2005) *Anuário Estatístico Portuário 2005*. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br>>. Acesso: 21 de setembro de 2007.
- Anuário Portos e Navios 2005 / 2006. (2005) *Revista Portos e Navios*. São Paulo.
- Aviso aos Navegantes (2005) *Centro de Hidrografia da Marinha*. ISSN0104-3102. n.08. Avisos 44 a 46. 30 abril 2005. 127 p. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/chm/avgants/folheto112005.pdf>>. Acesso: 15 de agosto de 2007.
- Aviso aos Navegantes (2005) *Centro de Hidrografia da Marinha*. ISSN0104-3102. n.11. Avisos 55 a 58. 15 junho 2005. 125 p. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/avgantes/folheto>>. Acesso: 28 de agosto de 2007.
- Charnes, Abraham; Cooper, William; Lewin, Arie Y. e Seiford, Lawrence M. (1996) *Data Envelopment Analysis, Theory, Methodology and Applications*, London: Kluwer Academic Publishers, 511 p. ISBN 0-7923-9480-1.
- Coelli, T.J., Rao, D.S. Prasada e Battese, G.E. (1997) *Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. 3ª edição. London: Kluwer Academic Publishers. 275 p. ISBN 0-792-8062-2.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K. (2006.) *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Academic Publishers, Boston, Kluwer.
- Fialho, Fernando Antônio Brito (2006) *Anuário Estatístico 2005*. Brasília, outubro de 2006. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br>>. Acesso: 12 de dezembro de 2006.

- Finamore, Eduardo Belisário M. C.; Gomes, Adriano Provezano e Dias, Roberto Serpa (2004) Desempenho Setorial da Economia Gaúcha: Uma Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) utilizando Dados de Uma Matriz de Insumo-Produto. *Texto para discussão n° 24*, Universidade de Passo Fundo. Faculdade de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis, Centro de Pesquisa e Extensão da FEAC. Disponível em: < http://www.upf.br/cepeac/download/td_04_2004.pdf>. Acesso em: janeiro de 2007.
- Gomes, Alexandre Lopes e Ponchio, Leandro Augusto (2005) *A Função Custo no Setor do Leite: Uma Abordagem para a Região Centro*, São Paulo. Disponível: < http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/artigo_leite_01.pdf>. Acesso: dezembro de 2005.
- Mello, João Carlos C.B. Soares de; Leta, Fabiana R; Gomes, Eliane G. e Mello, Maria Helena C. Soares de. (2004) *Análise Envoltória de Dados para Avaliação de Departamentos de Ensino*, Ensaio - Avaliação e Políticas Públicas em Educação, Rio de Janeiro, v. 12, n. 42, p. 611-622. Disponível em: < http://www.uff.br/decisao/IO_sig-dea-mcda.pdf>. Acesso: 01 de julho de 2006.
- Nóbrega, Carlos Alberto Wanderley (2005) *Anuário Estatístico 2004*. Diretor-Geral da ANTAQ em 2004, Brasília, dezembro de 2005. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/NovositeAntaq/Principaisportos.asp>>. Acesso: 10 de julho de 2006.
- Novaes, Antonio G. N. (2001). *Rapid-transit efficiency analysis with the assurance-region DEA method*. Pesquisa Operacional, v.21, n°2, p. 179 – 197.
- Pearson, Kate (1993) *Data Envelopment Analysis: An Explanation*. Working Paper n. 83, Bureau of Industry Economics. Canberra.
- Portos (2007) *Departamento Nacional de Infra-Estrutura dos Transportes*. DNIT, Marinha do Brasil Portos do Brasil. Disponível em:< <http://www.transportes.gov.br/bit/inportos.htm>>. Acesso: dezembro de 2007.
- Portos e Navios (2006) Disponível em: < <http://www.portosenavios.com.br/>>. Acesso: julho de 2006.
- Roll, Y. e Golany, B. (1993) Alternate Methods of Trating Factor Weights in DEA. *Omega Int. Journal of Management Science*, Great Britain, v.21, n°1, p.99–109.
- Seiford, L. M. e Thrall, R. M.(1990) Recent Developments in DEA: The Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis. *Journal of Econometrics, North-Holland*, n.46, p.7 – 38.
- Tovar, Antonio Carlos de Andrada & Ferreira, Gian Carlos Moreira (2006). *A Infra-estrutura Portuária Brasileira: O modelo atual e perspectivas para seu desenvolvimento sustentado*. *Revista do Bndes*, Rio de Janeiro, Jun. 2006.