

# ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA INFRA-ESTRUTURA PORTUÁRIO DO NORDESTE BRASILEIRO BASEADA EM ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS

**José Nauri Cazuzza de Sousa Júnior (Petran/UFC)**  
naurijr@gmail.com

**Bruno de Athayde Prata (DGEI/FEUP)**  
bprata@det.ufc.br

**Ernesto Ferreira Nobre Júnior (Petran/UFC)**  
nobre@ufc.br

**Petrônio de Sá Benevides Magalhães (Petcon Ltda)**  
ps.magalhaes@gmail.com



*O sistema portuário é elemento chave para o desenvolvimento de determinada região. Nesse contexto, a avaliação de desempenho torna-se fundamental para o monitoramento e o aprimoramento das atividades do setor em foco. A Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA) é uma técnica, baseada em programação matemática, que analisa, com base nos recursos e produtos utilizados em um dado processo, a eficiência relativa de um conjunto de unidades tomadoras de decisão. O presente trabalho teve como objetivo elaborar modelo para a medição da eficiência relativa dos portos da região Nordeste do Brasil no ano de 2006, adotando o modelo DEA orientado a inputs. Foram considerados dois inputs (comprimento dos berços e calado admissível) e um output (movimentação, em toneladas ou em número de contêineres). Este modelo foi aplicado, por intermédio do programa SIAD versão 3.0, aos 22 portos da região supracitada, sendo estes classificados por tipo de carga. Pela análise realizada, foi possível constatar que a maioria dos portos do Nordeste tem subaproveitamento de sua infra-estrutura. A obtenção das eficiências dos portos nordestinos permitiu observar que estes têm capacidade de movimentar maior quantidade de mercadorias com os mesmos inputs (especialmente a infra-estrutura analisada). A Análise de Envoltória de Dados mostrou-se como técnica que pode contribuir com os tomadores de decisões para a análise, a gestão e o planejamento no setor portuário.*

*Palavras-chaves: Análise Envoltória de Dados, Avaliação de Desempenho Portuário, Sistemas de Apoio à Decisão.*

## 1. INTRODUÇÃO

O fenômeno da globalização da economia provocou mudanças no mercado, desde a produção até o consumo, incorrendo em competitividade acirrada entre as empresas. O planejamento e o gerenciamento de toda a cadeia dos produtos, mensurando custos, passaram a ser condições essenciais na disputa pelo consumidor. Assim, a redução de custos tornou-se indispensável para o êxito das corporações no mercado globalizado.

A necessidade de desenvolver o mercado externo tem contribuído para o crescimento econômico nacional, colocando os portos como elementos chave para este processo, por serem instrumentos privilegiados de desenvolvimento do comércio exterior UNCTAD (1992).

Os portos são elementos de suma importância para a economia de um país, pois são as principais portas de entrada e saída do comércio exterior, uma vez que é ponto de passagem de boa parte das mercadorias. Conforme afirma Souza (2002), os portos são considerados elos logísticos estratégicos para integração de um país à economia globalizada.

A utilização de técnicas para medir a eficiência de empresas vem cada vez mais evoluindo com a solicitação de dados confiáveis para o devido fim.

A justificativa para uso da Análise Envoltória de Dados (ou, em inglês, *Data Envelopment Analysis* – DEA) é o conjunto de possibilidades de análise dos dados que a técnica disponibiliza, como, por exemplo, a análise comparativa das eficiências de conjunto de empresas participantes do mesmo setor de atividades.

O presente trabalho é composto por cinco seções e está estruturado da seguinte forma: Na primeira seção é feita introdução à pesquisa dando ênfase aos portos e a técnica utilizada; a segunda seção descreve o estado da arte sobre portos; a terceira seção discorre sobre Análise Envoltória de Dados; a quarta seção apresenta os portos considerados na análise, a seleção das variáveis, assim como a aplicação e análise do modelo DEA; por fim, na quinta seção, são apresentadas as conclusões acerca do trabalho e recomendações para estudos futuros.

## 2. PORTOS

Um porto é um elo da cadeia de transporte e tem a função de promover a integração entre sociedades que possuem bens diferentes, e, com isso, movimentar a economia global.

Segundo Caixeta Filho e Martins (2001), os transportes têm a função básica de proporcionar elevação na disponibilidade de bens, pois colocam as mercadorias em locais onde não estariam disponíveis.

UNCTAD (1984) propõe que, em países onde existam vários portos, seja mantida equipe permanente de técnicos especializados em planejamento em cada terminal, que apoiaria, quando necessário, outra equipe na realização do plano nacional dos portos.

Uma das principais evoluções na área portuária é a transformação do porto em plataforma logística. O objetivo de tal modificação é concentrar, otimizar a distribuição e, conseqüentemente, reduzir custos.

Segundo Boudouin (1996), plataforma logística é o centro de reunião de tudo o que diz respeito à eficiência logística, acolhe zonas logísticas de empreendimentos e infra-estruturas de transporte, que são importantes na dinamização da economia.

A UNCTAD classifica os portos por geração sendo o mais primitivo o porto de 1ª geração e o mais moderno o porto de 4ª geração.

Os portos de 1ª geração funcionam, principalmente, como ponto de troca de modais, não ocorrendo planejamento estratégico de suas operações.

Os portos da 2ª e 3ª geração começaram a funcionar conjuntamente com indústrias, sendo que os portos de 3ª geração vieram a trabalhar de forma integrada, como plataformas logísticas.

A partir da 2ª geração de terminais portuários, começou-se a ter preocupação com a redução de custos, visando à diminuição do tempo de operação dos navios e, por conseguinte, a melhoria da produtividade dos terminais. Nessa geração se iniciou a prática de agregar atividades industriais dentro do espaço portuário.

Os portos de 3ª geração têm participação forte da gestão com uso de ferramentas tecnológicas, sendo avaliados e monitorados por sistemas de informação que contribuem para a sua eficiência.

Finalmente, os portos de 4ª geração passam a se integrar à rede de transportes mundial, além de buscar complementaridade entre portos, em vez da competição.

### 3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

O modelo DEA foi formulado e desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), baseado em um problema de programação matemática no qual a medida de eficiência é obtida pela razão da soma ponderada dos dados de saída (*outputs*) pelos de entrada (*inputs*).

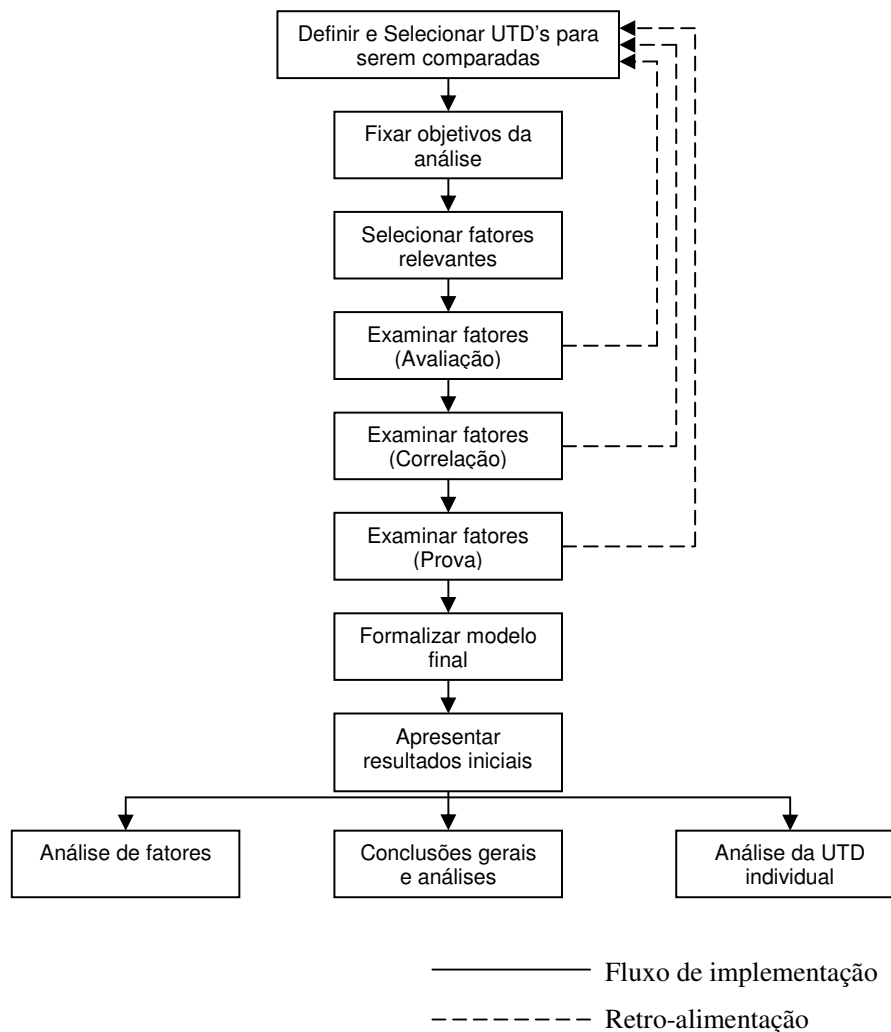
O modelo DEA possibilita a análise comparativa de processos com escalas diferentes com o auxílio da fronteira de produção, possibilitando a hierarquização dos processos segundo um critério de desempenho previamente definido (NOVAES, 1996).

Segundo Borenstein et al. (2004) apud Rios (2005), o objetivo da DEA é identificar Unidades Tomadoras de Decisão (UTD's) como eficientes ou ineficientes, assim como determinar procedimentos para ajustar os *inputs* e *outputs* das UTD's ineficientes para que estas atinjam a eficiência.

A técnica DEA pode ser analisada, principalmente, de duas formas:

- a) **CCR** - Concebido por Charnes Cooper e Rhodes (1978). Modelo que trabalha com retorno constante à escala de produção. Isso significa que alteração nos insumos provoca alteração igual aos produtos.
- b) **BCC** – Concebido por Banker, Charnes e Cooper (1984). Presume retornos variáveis, desconsiderando a proporcionalidade entre os insumos e os produtos.

A Figura 1, ilustrada a seguir, apresenta as principais etapas para implementação do método DEA.



Fonte: Adaptado de Anjos (2005).

Figura 1 - Fluxo de implementação do DEA.

O primeiro ponto do fluxograma consiste em definir onde aplicar a análise, podendo ser em empresas, órgãos governamentais, instituições etc.

Depois de determinada que unidade irá medir a eficiência, deve-se fixar qual o objetivo da análise, e, assim, selecionar os fatores que serão levados em consideração.

A escolha dos fatores relevantes pode ser realizada em três etapas, que são as seguintes:

- a) Identificação e seleção de fatores relevantes;
- b) Análise quantitativa não-DEA; e
- c) Análise baseada na DEA.

Concluídos e definidos os fatores a serem utilizados formaliza-se o modelo DEA.

O modelo CCR pode ser estruturado supondo  $n$  UTD's utilizando  $I$  inputs para produzir  $O$  outputs. O CCR pode ser orientado a inputs ou a outputs. As formulações apresentadas a seguir são baseadas em Talluri (2000).

A estrutura do DEA – CCR, transformado em problema de programação linear, apresenta a seguinte formulação:

$$\text{Maximizar} \quad z_0 = \sum_{y=1}^o v_y o_{y0} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{x=1}^I u_x I_{x0} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{y=1}^o v_y o_{yk} - \sum_{x=1}^I u_x I_{xk} \leq 0, \forall k \quad (3)$$

$$u_x, v_y \geq 0, \forall x, y \quad (4)$$

Esta forma do problema é conhecida como o problema dos multiplicadores, como também são chamados os pesos  $u_x$  e  $v_y$ .

Conforme Mello *et al.* (2003), a estrutura matemática desses modelos permite que uma UTD seja considerada eficiente com várias combinações de pesos. Caso um dos pesos seja zero significa que a variável foi desconsiderada.

Quando o modelo CCR é orientado a *outputs*, se determinará a eficiência máxima que será multiplicada por todos os *outputs*, mantendo constantes os *inputs*, para a UTD atingir a fronteira eficiente.

A escolha da orientação poderá afetar as unidades ineficientes, pois, se os dados de *inputs* forem mais fidedignos do que os de *outputs*, a orientação a *outputs* pode suavizar a ineficiência.

A Análise de Envoltória de Dados vem sendo utilizada, nos últimos anos, em várias áreas. Sousa Júnior (2007) apresenta a Tabela 1, que resume alguns trabalhos que foram obtidos através da aplicação da técnica DEA no setor portuário.

<b>Autores</b>	<b>Modelo DEA</b>	<b>Inputs</b>	<b>Outputs</b>
Roll e Hayuth (1993)	CCR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capital</li> <li>Nº de funcionários</li> <li>Tipo de carga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nível de serviço</li> <li>Movimentação de carga</li> <li>Satisfação dos usuários</li> <li>Nº de atracções</li> </ul>
Martinez-Budria <i>et al.</i> (1999)	BCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Despesas com pessoal</li> <li>Taxas de depreciação</li> <li>Outros gastos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Total de carga movimentada</li> <li>Receita obtida no aluguel de facilidades</li> </ul>
Tongzon (2001)	CCR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nº de guindastes</li> <li>Nº de berços</li> <li>Nº de rebocadores</li> <li>Nº de funcionários</li> <li>Área do terminal</li> <li>Delay time</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TEU</li> <li>Movimentação hora/navio</li> </ul>
Vallentine e Gray (2001)	CCR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tamanho do berço</li> <li>Investimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nº de contêineres</li> <li>Total de toneladas movimentadas</li> </ul>
Itoh (2002)	CCR e BCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Área do terminal</li> <li>Nº de berços</li> <li>Nº de funcionários</li> <li>Nº de guindastes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TEU</li> </ul>
Serrano e Castellano (2003)	BCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tamanho do berço</li> <li>Área do terminal</li> <li>Nº de guindastes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TEU</li> <li>Toneladas movimentadas</li> </ul>
Turner <i>et al.</i> (2004)	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tamanho do berço</li> <li>Área do terminal</li> <li>Nº de guindastes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TEU</li> </ul>
Cullinane <i>et al.</i> (2004)	CCR e BCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tamanho do berço</li> <li>Área do terminal</li> <li>Nº de guindastes de berço</li> <li>Nº de guindastes de pátio</li> <li>Nº de Straddle Carrier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TEU</li> </ul>
Rios (2005)	CCR e BCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nº de guindastes</li> <li>Nº de berço</li> <li>Área do terminal</li> <li>Nº de funcionários</li> <li>Nº de equipamentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TEU</li> <li>Prancha média de movimentação de contêineres por hora</li> </ul>
Fontes (2006)	BCC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extensão total do cais acostável</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Movimentação total de embarcações</li> <li>Movimentação total da carga movimentada</li> </ul>

Fonte: Sousa Júnior (2007)

Tabela 1 - Síntese dos Trabalhos de DEA no setor portuário

#### 4. ESTUDO DE CASO

O estudo abrange 22 portos e terminais da região Nordeste, sendo 11 portos organizados, que são geridos por empresas públicas, e 11 terminais, que são administrados por empresas privadas. A seguir, na Tabela 2, são apresentados os portos analisados no presente trabalho.

Estado	Portos Organizados	Terminais de Uso Privativo
Ceará	Fortaleza	Pecém
Rio Grande do Norte	Areia Branca, Natal	Terminal Aquaviário de Guamaré , Terminal Aquaviário de Natal - Dunas
Paraíba	Cabedelo	-
Pernambuco	Recife, Suape	-
Alagoas	Maceió	Trikem
Bahia	Salvador, Aratu, Ilhéus	Dow Química, Usiba, Madre de Deus
Maranhão	Itaqui	Ponta da Madeira , Alumar
Sergipe		Terminal Aquaviário de Aracaju , Inácio Barbosa

Tabela 2 – Portos e Terminais da região Nordeste

A seguir serão definidas as variáveis selecionadas para a análise dos portos.

##### 4.1. SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS

Para a definição dos *inputs* e *outputs* utilizados neste trabalho, foram utilizados dois critérios: (a) dados disponíveis; e (b) variáveis que já foram testadas em outros estudos, como ilustrado no Tabela 1.

A análise será realizada por tipo de carga, pois a análise sem a segregação por tipo de carga dificultaria tirar conclusões e propor melhorias, devido ao fato de cada tipo de carga apresentar diferenças nos navios que as movimentam, nos modos de operação de atracação e desatracação para cada carga, no tipo de equipamento utilizado para sua operação e outros fatores que inviabilizam a análise sem a divisão por tipo de carga. Essa forma de análise pode ser validada pelos trabalhos anteriores de DEA no setor portuário, como apresenta a Tabela 1.

É pertinente destacar o trabalho de Roll e Hayuth (1993), no qual um dos *inputs* era o tipo de carga, e outros trabalhos que analisaram apenas contêineres, como Tongzon (2001), Itoh (2002), Turner et al. (2004), Rios (2005) etc.

Segundo Banker et al. (1984) apud Rios (2005), o somatório de variáveis (*inputs* e *outputs*) deve ser menor ou igual ao número de UTD dividido por 3.

$$INPUTS + OUTPUTS \leq \frac{nUTD}{3} \quad (5)$$

Devido à movimentação de contêineres ser realizada em apenas 6 dos 22 portos analisados, o número de variáveis (*inputs* e *outputs*) é igual a dois, de acordo com a Equação 5.

Para a análise dos portos com relação à movimentação de contêineres, foram utilizados 1



*input* (tamanho do berço) e 1 *output* (movimentação em TEU). Ambos foram utilizados em vários trabalhos, mostrando que podem ser utilizados como dados para obtenção da eficiência relativa.

Dos estudos que analisaram a eficiência portuária utilizando o tamanho do berço como *input*, pode-se destacar: Vallentine e Gray (2001), Serrano e Castellano (2003), Turner et al. (2004), Cullinane et al (2004), Fontes e Mello (2006). Já analisando a eficiência adotando como *output* a movimentação em TEU, pode-se citar Tongzon (2001), Itoh (2002), Turner et al. (2004) e Rios (2005).

A movimentação de carga geral no Nordeste é realizada por nove portos. Utilizando a Equação 5, o número de *inputs* mais *outputs* deve ser no máximo 3. Foram selecionados dois *inputs* (tamanho do berço e calado) e um *output* (quantidade de carga movimentada).

A utilização das escolhas desses *inputs* foi devido ao fato de que o tamanho do berço e o calado admissível são variáveis que definem as características dos navios que o porto pode receber. Já o *output* adotado é pelo fato de que um dos principais produtos gerados no porto é sua movimentação.

A operação de granéis sólidos e líquidos é realizada, de uma forma mais expressiva, por 15 portos na região Nordeste. Pelo número de portos, o modelo poderia ter até 5 variáveis para a análise de suas eficiências; contudo, devido às dificuldades de obtenção de dados, foram utilizadas as mesmas variáveis consideradas no modelo de carga geral.

Os *inputs* utilizados neste trabalho todos são dados com relação à infra-estrutura do porto, portanto a eficiência obtida diz respeito à infra-estrutura, se pode ser movimentada mais carga com o mesmo nível de berço e de calado ou se é necessário ampliar a infra-estrutura. A seguir, na Tabela 3, são apresentadas as UTD's consideradas para cada tipo de carga.

	CONTÊINER	CARGA GERAL	GRANEL SÓLIDO	GRANEL LÍQUIDO
Alumar			X	X
Aq. Guamaré				X
Aq. Natal				X
Aratu			X	X
Areia Branca			X	
Atalaia				X
Cabedelo		X	X	X
CVRD			X	
Dow Quimica				X
Fortaleza	X	X	X	X
Ilhéus			X	
Inácio Barbosa			X	
Itaqui		X	X	X
Maceió	X	X	X	X
Natal	X	X	X	
Pecém	X	X		X
Recife		X	X	X
Salvador	X	X	X	
Suape	X	X	X	X



Temadre				X
Trikem				X
Usiba			X	
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

Tabela 3 – Tipo de Carga movimentada pelas UTD's

Os portos de Maceió e Fortaleza operam os quatro tipos de carga a serem analisados, mostrando que esses portos dificilmente possuem equipamentos especializados para movimentar todos os tipos de cargas, contribuindo para suas baixas produtividade e eficiência.

Há 11 portos que operam apenas um tipo de carga, mostrando que são terminais especializados, e possivelmente, apresentam estruturas mais adequadas e níveis de produtividade e eficiência mais elevados.

A seção seguinte apresenta os resultados das análises feitas no programa SIADv3.0, utilizando o modelo CCR orientado a *inputs*.

#### 4.2. AVALIAÇÃO DOS PORTOS QUE MOVIMENTAM CONTÊINERES

A análise dos portos que movimentam contêineres mostra que apenas o Porto de Salvador pode ser considerado eficiente. É pertinente ressaltar que o Porto de Salvador movimentou 37% dos contêineres da região Nordeste no ano de 2006.

Segundo Rios (2005), executivos da área portuária classificam os terminais de contêineres da seguinte forma:

- a) Grande porte – Movimentação de contêineres acima de 250 mil TEU;
- b) Médio porte – Movimentação de contêineres entre 100 e 250 mil TEU; e
- c) Pequeno porte – Movimentação de contêineres inferior a 100 mil TEU.

Seguindo está classificação, e analisando a Tabela 4, que mostra as eficiências obtidas para cada UTD, pode-se constatar que, no Nordeste, há três portos de médio porte e três de portos de pequeno porte.

<b>Portos</b>	<b>Input (m)</b>	<b>Output (TEU)</b>	<b>Eficiência relativa</b>
Natal	400	4.944	3,62%
Maceió	400	7.784	5,70%
Fortaleza	690	56.094	23,81%
Pecém	700	113.140	47,34%
Suape	935	196.296	61,49%
Salvador	661	225.682	100,00%

Tabela 4 – Eficiência relativa dos portos que movimentam contêineres da região Nordeste

O porto menos eficiente é o de Natal, que operou apenas 4.944 TEU, representando menos de 1% da movimentação do Nordeste. Enquanto o Porto de Salvador tem uma relação de 341 TEU/m, o de Natal têm 12 TEU/m. TEU/m representa a quantidade de carga movimentada, em, TEU, por metro de berço.

Apenas dois portos apresentaram eficiência acima de 50%, que foram o de Suape com 61,5% e o de Salvador com 100%.

Todos os portos com exceção de Salvador, que obteve eficiência de 100%, apresentam ineficiência, sendo possível constatar que os portos têm infra-estruturas capazes de movimentar quantidades maiores do que as movimentadas em 2006.

Para compreender melhor o cenário da movimentação de contêineres no Nordeste, fez-se a análise da eficiência dos portos também para os anos de 2003, 2004 e 2005.

Analisando a quantidade de contêineres, constata-se que o Porto de Salvador, desde 2003, é aquele que mais movimenta contêineres, seguido, a partir de 2004, pelo Porto de Suape. A partir de 2005, existe tendência de estabilidade das posições dos portos, pois apresentam distanciamento significativo, com exceção de Natal e Maceió, que movimentam quantidades próximas de contêineres.

A eficiência dos portos de contêineres, mostra que, devido à utilização de *output* movimentação em TEU, as variações que ocorrem na quantidade de contêiner no anos em estudo, ocorre também com a eficiência. Deve-se destacar a exceção do Salvador que, por apresentar eficiência de 100% em todos os anos.

#### 4.3. AVALIAÇÃO DOS PORTOS QUE MOVIMENTAM CARGA GERAL

A análise dos portos que movimentam carga geral mostrou que três portos dos nove analisados apresentam eficiência de 100% no ano de 2006, que foram os portos de Maceió, Recife e Salvador, conforme ilustrado na Tabela 5.

Portos	Inputs		Output	Eficiência comparativa
	Berço (m)	Calado (m)	Quantidade (t)	
Fortaleza	426	7	38.113	21,30%
Suape	386	13,4	116.007	49,36%
Natal	340	10	116.569	56,31%
Itaqui	710,4	11,5	228.960	77,62%
Cabedelo	110	9,4	65.201	97,35%
Pecém	700	15	351.965	97,42%
Salvador	1.243,6	10	317.668	100,00%
Maceió	400	10,5	243.558	100,00%
Recife	944,7	9,6	282.795	100,00%

Tabela 5 – Eficiência relativa dos portos que operam carga geral da região Nordeste

Seis portos apresentaram eficiência maior que 70%. Já o Porto de Fortaleza apresentou a menor eficiência com 21,3 %. Tal baixo nível de eficiência é reflexo, principalmente, do menor calado e da menor quantidade de carga movimentada, em relação aos demais portos em estudo.

#### 4.4. AVALIAÇÃO DOS PORTOS QUE MOVIMENTAM GRANEL SÓLIDO

Os granéis sólidos, carga que geralmente não possui alto valor agregado, são movimentados em quinze portos na região Nordeste.

O Terminal da CVRD, localizado no Maranhão, por movimentar quantidade muito superior aos demais e ter *inputs* similares aos demais, apresentou eficiência de 100% e os demais ficaram com eficiência abaixo de 40%. A Tabela 6 mostra os *inputs* e *outputs*, assim como a eficiência obtida de cada porto.

Portos	Inputs		Output	Eficiência Relativa
	Berço (m)	Calado (m)	Quantidade (t)	

Natal	200	10	88.334	1,12%
Suape	386	13,4	206.316	1,36%
Cabedelo	232	9,4	286.428	3,14%
Ilhéus	432	11,5	576.393	3,40%
Salvador	220	10	391.246	4,53%
Fortaleza	690	10,5	1.193.608	4,53%
Itaqui	473,6	11,5	1.178.969	6,33%
Aratu	612	12	1.541.293	6,41%
Inácio Barbosa	350	11,5	965.032	7,02%
Maceió	750	10,5	2.134.375	8,10%
Recife	2.405,1	9,6	2.078.057	8,63%
Usiba	230	11	875.865	9,70%
Areia Branca	199,55	11,5	2.039.267	25,96%
Alumar	320	11	4.684.323	37,27%
CVRD	1.341	21	52.669.404	100,00%

Tabela 6 – Eficiência relativa dos portos que operam granéis sólidos da região Nordeste.

Dos quinze portos analisados, 12 tiveram eficiência menor do que 10%. Essa discrepância se deve a movimentação muito alta do terminal da CVRD. Nesse caso, talvez fosse necessária a inclusão de outros parâmetros para se obter uma maior representatividade do cenário analisado.

#### 4.5. AVALIAÇÃO DOS PORTOS QUE MOVIMENTAM GRANEL LÍQUIDO

Os granéis líquidos operados na Região Nordeste são, em grande maioria, petróleo e seus derivados, que são operados pela Petrobras S/A. Ao todo, são 4 terminais aquaviários administrados e operados por essa empresa.

Os portos que foram considerados eficientes, dentre os quinze em estudos, foram os portos de Aratu e Itaqui, enquanto Suape e Guamaré ficaram com eficiência acima de 50%. Os demais portos tiveram eficiência abaixo de 50%, sendo que 6 destes tiveram eficiência maior que 10% e 5 apresentaram eficiência menor que 10 %.

A Tabela 7 mostra os resultados obtidos pelo programa. Com relação ao Terminal de Madre de Deus – TEMADRE, não foram obtidos dados inerentes ao comprimento de berços e quantidade de carga movimentada; portanto, tal porto não foi considerado no estudo.

Portos	Inputs		Output	Eficiência relativa
	Berço (m)	Calado (m)	Quantidade (t)	
Recife	1174,6	9,6	70.617	2,14%
Dow Quimica	180	11	217.654	6,96%
Natal-Duna	190	9	238.807	8,30%
Alumar	320	11	301.709	8,48%
Cabedelo	260	9,6	454.112	14,67%
Pecém	674	12,5	679.787	16,27%
Maceió	307	10,5	1.001.508	29,49%
Trikem	176,8	9	956.334	33,29%
Atalaia	120	15	758.019	36,35%
Fortaleza	180	11	1.322.978	42,30%
Suape	716	15	2.957.503	59,47%
Guamaré	280	14	3.005.881	67,24%

Aratu	220	12	3.822.927	100,00%
Itaqui	1093,6	14,8	5.077.636	100,00%
<b>Temadre*</b>	-	<b>11,6</b>		

\*Falta de dados

Tabela 7 – Eficiência relativa dos portos que operam granéis líquidos da região Nordeste

O porto de Recife apresentou a menor eficiência 2,14%, mostrando que sua infra-estrutura está sendo sub-aproveitada, visto que apresenta a maior extensão de berço e possui calado que possibilita movimentar a maioria dos navios que operam nos demais portos estudados.

## 5. CONCLUSÕES

O presente estudo derivou de uma pesquisa cujo objetivo era medir e analisar a eficiência relativa das operações dos portos da região Nordeste, separados por tipo de carga. Para consecução do objetivo estipulado, foi utilizada a técnica Análise Envoltória de Dados (DEA), mais precisamente um modelo CCR orientado a *inputs*.

As principais conclusões do trabalho foram:

- O modelo foi aplicado para 6 portos que operam contêineres, sendo considerado eficiente o Porto de Salvador. Para carga geral foram 9 portos, dentre os quais três apresentaram eficiência, que foram Salvador, Maceió e Recife.
- Já para granéis líquidos e sólidos, a análise foi aplicada em 15 portos. Para os granéis sólidos, o Terminal de Ponta da Madeira (MA) apresentou eficiência de 100%, enquanto os demais portos apresentaram nível de eficiência muito aquém deste valor. No que concerne aos portos que operam os granéis líquidos, os portos de Aratu e Itaqui foram considerados eficientes.
- O uso do modelo proposto pode ser utilizado por diversos órgãos portuários brasileiros, desde a administração portuária até a Secretaria Nacional de Portos, que faz o planejamento nacional dos portos. A utilização do modelo é importante pelo fato de fornecer índice de como está o uso da infra-estrutura do porto, como pode ser visto no presente estudo.

Como limitação do estudo, é pertinente ressaltar que, devido à utilização de apenas *inputs* referentes à infra-estrutura, a eficiência medida se refere a apenas à infra-estrutura, não analisando a parte operacional do porto. E também não incluiu no modelo variáveis que avaliassem a gestão do porto.

Para complementar e agregar conteúdo a este trabalho propõe-se as seguintes recomendações:

- Aplicar o modelo a um número maior de portos, podendo colocar mais variáveis para analisar a eficiência;
- Fazer pesquisa com gestores portuários e pessoas do setor portuário para determinar quais variáveis são significativas para cada tipo de modelo;
- Validar os dados escolhidos para utilizar no modelo através de análise de sensibilidade ou outras técnicas, de forma que o modelo apresente eficiência mais representativa com a realidade;

- d) Subdividir cada tipo de carga de acordo com o porte do porto, e assim, analisar no mesmo grupo porto com características similares;
- e) Inserir nos dados, variáveis que avaliem a gestão e a operação do porto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ANJOS, M. A.** *Aplicação da análise envoltória de dados (DEA) no estudo da eficiência econômica da indústria têxtil brasileira nos anos 90.* Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

**BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W.** *Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis.* Management Science, v. 30, p. 1078- 1092, 1984.

**BOUDOUIN, D.** *Logística-Território-Desenvolvimento: O caso europeu.* In: I Seminário Internacional: Logística, Transportes e Desenvolvimento, Fortaleza, 1996.

**CAIXETA-FILHO, J.V.; MARTINS, R.S.** *Evolução Histórica da Gestão Logística do Transporte de Cargas,* In: Caixeta-Filho, J.V. e Martins, R.S. (eds.) *Gestão Logística do Transporte de Cargas.* São Paulo: Atlas, 2001.

**CHARNES, A., COOPER, W.W. E RHODES, E.** *Measuring the efficiency of decision making units.* European Journal of Operational Research, v. 2, p. 429-444, 1978.

**CULLINANE, K., SONG, D. W., JI, P. E WANG, T. F.** *An application of DEA windows analysis to container port production efficiency.* Review of Networks Economics, v. 3, p. 184 – 206, 2004.

**FONTES, O. H. P. M.** *Avaliação da Eficiência Portuária através de uma modelagem DEA.* Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2006.

**ITOH, H.** *Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of DEA.* Ruds, v. 14, nº 2, 2002.

**MARTINEZ-BUDRIA, E., DIAZ-ARMAS, R., NAVARRO-IBANEZ, M. & RAVELOMESA, T.** *A study of the Efficiency of Spanish port authorities using Data Envelopment Analysis.* International Journal of Transport Economics, v. 26, p. 237-253, 1999.

**MELLO, J.C.S., MEZA, L.A., GOMES, E.G., SERAPIÃO, B.P.; LINS, M.P.E.** *Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmark para companhias aéreas brasileiras.* Pesquisa Operacional. v. 23, nº2, p. 325-345, 2003.

**NOVAES, A.G.N.** *Avaliação da Produtividade de Serviços de Transportes Através da Análise Envoltória de Dados.* In: Transporte e Transformação, p 182-204, São Paulo: Makron Books, 1996.

**RIOS, L.R** *Medindo a eficiência relativa das operações dos terminais de containeres do Mercosul.* Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

**ROLL, Y.; HAYUTH, Y.** *Port performance comparison applying DEA.* Maritime Policy and Management. v. 20, p. 153-161, 1993.

**SERRANO, M. G., CASTELLANO, L.T.** *Análisis de la eficiencia de los servicios de infraestructura em Espana: Una application al tráfico de contenedores.* In: Anais do X Encontro de Economia Pública. 2003.

**SOUSA JÚNIOR, J.N.C.** *Análise da eficiência dos portos da região nordeste do brasil baseada em análise envoltória de dados.* Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2007.

**SOUZA, F.A.F.** *Elaboração de um Modelo de Localização de Cargas Unitizadas Agroindustriais em Pátios Portuários: Aplicação ao Caso do Terminal Portuário do Pecém.* Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2002.

**TALLURI, S.** *Data Envelopment Analysis: Models and Extension.* American Institute for Decision Science, v.31, p. 8-11, 2000.

**TONGZON, J.** *Efficiency Measurement of select Australian an International Port using Data Envelopment Analysis.* Transportation Research Part A, 35, p. 113-128, 2001.

**TURNER, H.; WINDLE, R.; DRESNER, M.** *North American containerport productivity: 1984–1997.* Transportation Research Part E, v. 40. p. 339-356, 2004.

**UNCTAD.** *Desarrollo portuário - Manual de planificación para los países em desarrollo.* Nueva York : Naciones Unidas.1984

**UNCTAD.** *Desenvolvimento e Melhoria dos Portos – Os Princípios de Gestão e Organização dos Portos.* Conferência das Nações Unidas Sobre o Comércio e Desenvolvimento.1992.

**VALENTINE, V. F.; GRAY, R.** *The Measurement of Port Efficiency Using Data Envelopment Analysis.* In: Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research, Seoul, 2001.