

## Análise da eficiência dos portos da região Nordeste do Brasil baseada em Análise Envoltória de Dados

José Nauri Cazuza de Sousa Júnior<sup>1</sup>, naurijr@yahoo.com.br

Ernesto Ferreira Nobre Júnior<sup>2</sup>, nobre@ufc.br

Bruno de Athayde Prata<sup>3</sup>, baprata@yahoo.com.br

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará (UFC), Mestrando em Engenharia de Transportes (PETRAN/UFC) Fortaleza, CE, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Ceará (UFC), Professor do Departamento de Engenharia de Transportes (DET/UFC). Fortaleza, CE, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal do Ceará (UFC), Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional (GESLOG/UFC). Fortaleza, CE, Brasil

\*Recebido: Março, 2008 / Aceito: Agosto, 2008

### RESUMO

*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 um modelo para a medição da eficiência relativa dos portos da região Nordeste do Brasil, 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 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 infraestrutura. 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-chave:** Planejamento Portuário. Análise de Envoltória de Dados, Avaliação de Desempenho.

### 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 redução dos custos pode ser atingida através da minimização das ineficiências e do melhor uso das infra-estruturas, de forma a otimizar toda a cadeia de suprimento de qualquer produto, inserindo um país no cenário internacional com alto nível de competitividade.

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 um 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 ao trabalho, dando ênfase aos portos e à técnica utilizada; a segunda seção descreve o estado da arte sobre portos; a terceira seção discorre sobre análise de desempenho e DEA; 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.

## 2. PORTOS

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

O transporte tem o importante papel de tentar romper barreiras, provocadas pelo isolamento geográfico, permitindo o escoamento da produção e a comercialização de produtos.

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.

Em resumo, no que tange o planejamento portuário, é pertinente destacar três atividades principais:

- i. **Preparação do plano nacional dos portos:** supõe a adoção de diversas decisões políticas para definir a função de cada porto e assegurar a utilização mais econômica possível dos recursos nacionais.
- ii. **Preparação do plano geral de cada porto:** estabelece as modalidades do desenvolvimento em longo prazo do porto, sem determinar em que momento se iniciará cada uma das etapas desse processo.

- iii. **Preparação de projetos portuários:** tem por finalidade levar a prática cada parte do plano geral no momento adequado e na forma conveniente.

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 DE DESEMPENHO**

A obtenção do desempenho de um setor ou serviço é relevante para que se possa ter bom funcionamento. Uma das maiores referências da administração, Peter Drucker (1998), disse: "Não se administra o que não se mede".

O transporte de carga tem a finalidade de garantir o deslocamento de bens dentro de algumas condições temporais e de forma íntegra. Logo, é essencial a obtenção do desempenho desses serviços, visto que a entrega do produto fora do prazo ou com qualidade afetada prejudica toda a cadeia produtiva.

Pode-se definir desempenho como o resultado da combinação das categorias de um dado sistema, avaliando se cada categoria está desempenhando seu papel adequadamente, sendo estes representados principalmente pelas qualidades e quantidades de cada categoria.

Um sistema deve ser entendido como um conjunto de componentes que atuam juntos na execução de um objetivo global em determinado ambiente. Portanto, deve-se procurar caracterizar a estrutura e a função de um dado objeto em estudo e sua interação com o meio no qual está inserido (LIMA JR., 2001).

Como se pode perceber, para analisar um sistema em termos de desempenho, é necessário representá-lo, descrevendo-o em termos de suas características e do comportamento previsto de respostas e de resultados. É necessário representar o sistema, bem como definir as formas de tratamento e análise que serão utilizadas.

Segundo Lima Jr. (2001), existem quatro passos básicos para a criação do processo de medição de desempenho:

- i. Definição de quais atributos ou tipo de fatores, como tempo, custo, nível de serviço, qualidade, são críticos para que o sistema atinja seus objetivos;

- ii. Mapeamento dos processos interfuncionais usados para obter resultados e identificação das relações de causa e efeito existentes;
- iii. Identificação dos elementos críticos e das capacidades necessárias para a execução dos processos satisfatoriamente; e
- iv. Concepção de medidas que monitorem esses elementos e capacidades, bem como os respectivos padrões e metas.

### 3.1. ANÁLISES 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 e Maçada (2006), o objetivo da DEA é identificar unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units* - DMU's) como eficientes ou ineficientes, assim como determinar procedimentos para ajustar os *inputs* e *outputs* das DMU's ineficientes para que estas atinjam a eficiência.

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

- i. **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.
- ii. **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 uma metodologia, dentre várias existentes, para implementação do método DEA.

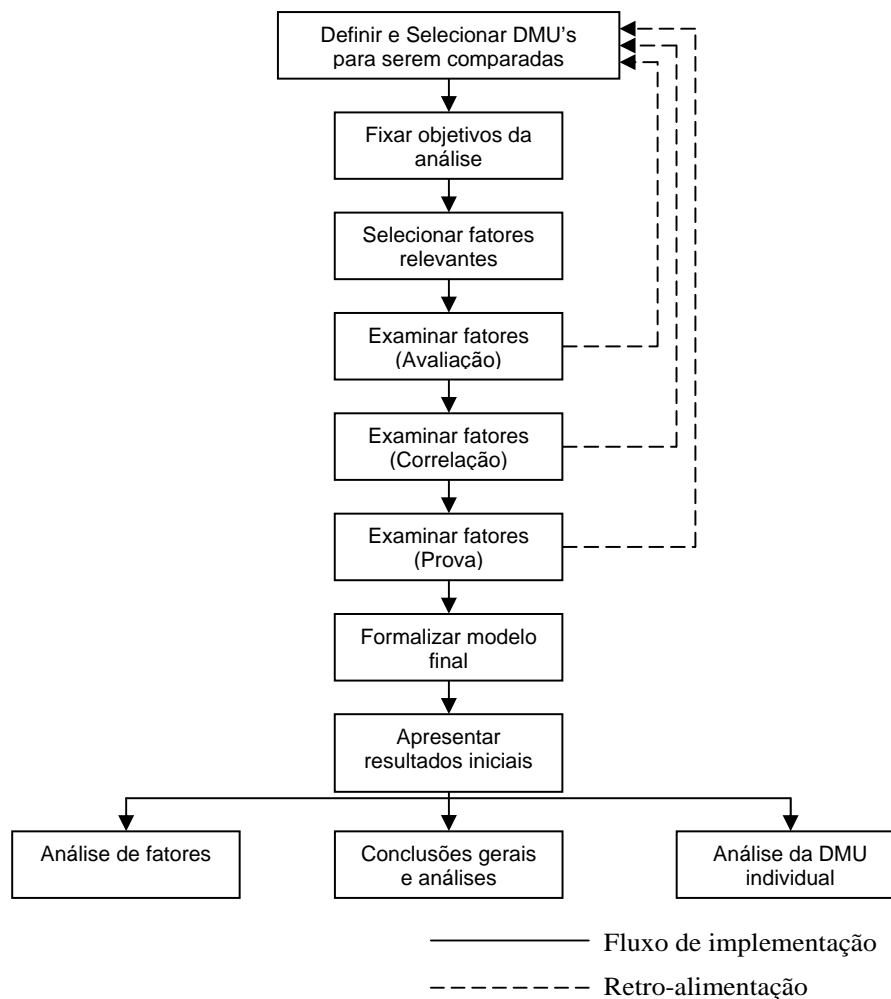


Figura 1 - Fluxo de uma metodologia de implementação de DEA.

Fonte: Adaptado de Anjos (2005).

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:

- i. Identificação e seleção de fatores relevantes;
- ii. Análise quantitativa não-DEA; e
- iii. Análise baseada na DEA.

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

O modelo CCR pode ser estruturado supondo  $n$  DMU's utilizando  $I$  inputs para produzir  $O$  outputs. O CCR pode ser orientado a *inputs* ou a *outputs*. A formulação matemática apresentada a seguir é baseada em Talluri (2000).

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

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

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 DMU 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 DMU 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 que resume alguns trabalhos que foram aplicados a técnica DEA no setor portuário.

Tabela 1 - Síntese dos Trabalhos de 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 atracações</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 Carriers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TEU</li> </ul>
Rios (2006)	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)

#### 4. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso 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.

Tabela 2 – Portos e Terminais da região Nordeste

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

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: (i) dados disponíveis; e (ii) variáveis que já foram testadas em outros estudos, como ilustrado na Tabela 1.

A análise será realizada por tipo de carga, pois a análise sem a segregação por tipo de carga dificultaria o estabelecimento de conclusões e a proposição de 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, bem como por outros fatores. Essa forma de análise pode ser validada pelos trabalhos anteriores de DEA no setor portuário, conforme apresentado na 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 e Maçada (2006) etc. Segundo Banker *et al.* (1984) *apud* Rios (2005), o somatório de variáveis (*inputs* e *outputs*) deve ser menor ou igual ao número de DMU 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 (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 e Maçada (2006).

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 uma maior quantidade de carga com o mesmo nível de berço e de calado ou se é necessário ampliar a infra-estrutura para ampliar a capacidade. A seguir, na Tabela 3, são apresentadas as DMU's consideradas para cada tipo de carga.

Tabela 3 – Tipo de Carga movimentada pelas DMU's.

DMU	Contêiner	Carga geral	Granel sólido	Granel líquido
Alumar			X	X
Aq. Guimarães				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>

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 SIAD versão 3.0 (Angulo-Meza *et al.* 2005), 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 e Maçada (2006), executivos da área portuária classificam os terminais de contêineres da seguinte forma:

- i. Grande porte – Movimentação de contêineres acima de 250 mil TEU;
- ii. Médio porte – Movimentação de contêineres entre 100 e 250 mil TEU; e
- iii. Pequeno porte – Movimentação de contêineres inferior a 100 mil TEU.

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

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

Portos	Input (m)	Output (TEU)	Eficiência relativa
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%

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<sup>1</sup>.

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.

A seguir, na Figura 2, é apresentada a quantidade de contêineres movimentada, por porto, no período de 2003 a 2006, enquanto a Figura 3 apresenta a eficiência dos portos de contêineres.

<sup>1</sup> TEU/m- Quantidade de carga movimentada, em, TEU, por metro de berço.

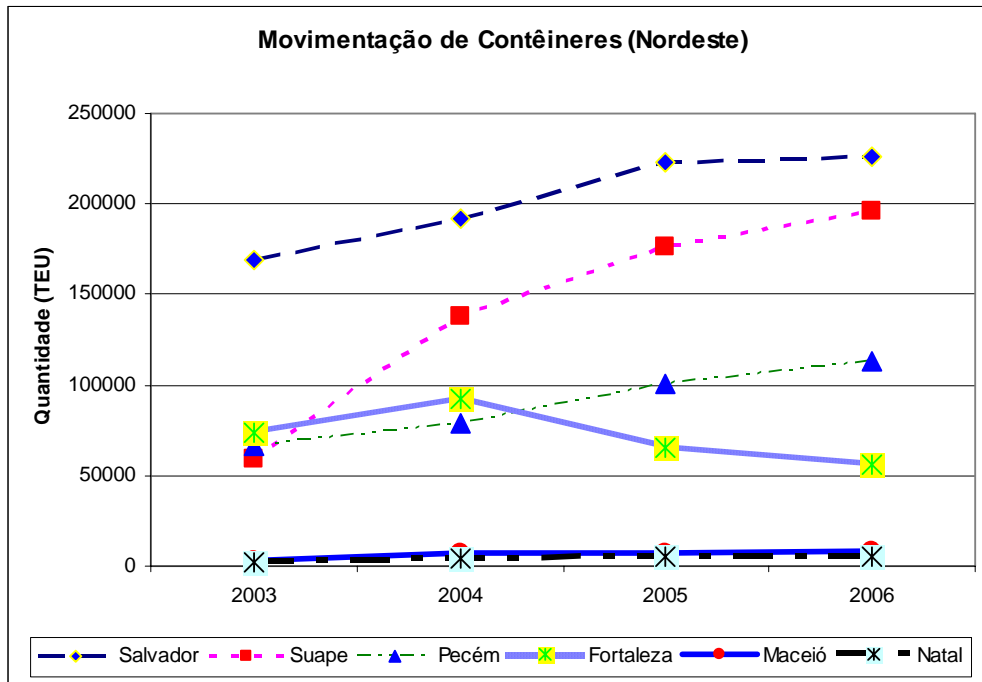


Figura 2 – Movimentação de contêineres na Região Nordeste por Porto.

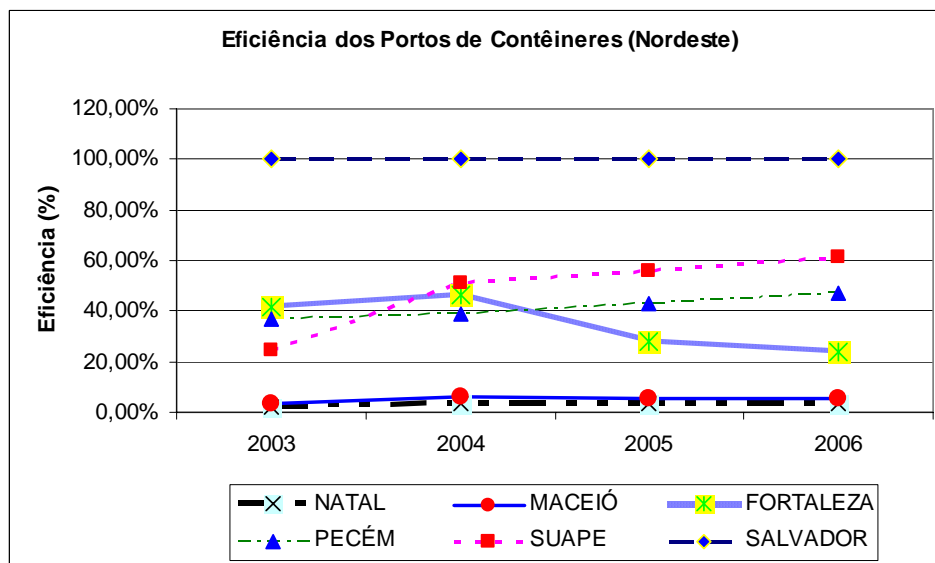


Figura 3 – Eficiência dos portos da região Nordeste que movimentam contêineres

O Porto de Salvador, desde 2003, é aquele que mais movimentou 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.

Analisando-se a Figura 3, constata-se que, devido à utilização do *output* movimentação em TEU, o gráfico ilustrado na Figura 3 contém as mesmas variações do gráfico ilustrado na Figura 2. Deve-se destacar a exceção do Salvador que, por apresentar eficiência de 100% em todos os anos, teve seu comportamento representado por um segmento de reta paralelo ao eixo abscissas.

A análise de *benchmarking* para o modelo adotado, mostrada na Tabela 5, indica que os portos ineficientes têm como porto de referência, para atingir a eficiência, o porto de Salvador.

Tabela 5 – *Benchmarking* dos portos que movimentam contêineres da região Nordeste.

DMU	Salvador
Fortaleza	0,24855327
Pecém	0,50132487
Suape	0,86979024
Maceió	0,03449101
Natal	0,02190693

#### 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 6.

Tabela 6 – Eficiência relativa dos portos que operam carga geral da região Nordeste

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%

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.

A Tabela 7 apresenta o *benchmarking* para o modelo adotado de carga geral. O resultado indica que apesar de Salvador ser eficiente, ele não serve de parâmetro para os demais portos da região Nordeste. Isso se deve, provavelmente, ao fato de que o porto de Salvador possui características operacionais bastante distintas dos demais portos nordestinos que operam carga geral.

Para os portos de Suape, Natal e Cabedelo, o porto a ser tomado como referência é o de Maceió. Já para Pecém, Fortaleza e Itaqui, tanto Maceió como Recife são referência para que os três portos mencionados alcancem a fronteira da eficiência.

Tabela 7 – *Benchmarking* dos portos que movimentam carga geral da região Nordeste

DMU	Maceió	Recife
Suape	0,4763	0
Pecém	1,19404	0,21622
Fortaleza	0,08845	0,0586
Natal	0,47861	0
Cabedelo	0,2677	0
Itaqui	0,51703	0,36434

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

Os granéis sólidos, tipos de carga que geralmente não possuem 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 por ter *inputs* similares aos demais, apresentou eficiência de 100% e

os demais portos obtiveram eficiência inferior a 40%. A Tabela 8 mostra os *inputs* e *outputs*, assim como a eficiência obtida de todos os portos.

Tabela 8 – Eficiência relativa dos portos que operam granéis sólidos da região Nordeste.

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%

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.

Na avaliação dos portos que operam granel sólido, a análise de *benchmarking* mostra que o terminal da CVRD, único que apresentou eficiência, é referência para os demais portos, para que estes também atinjam a eficiência.

#### 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 estudo, 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 9 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.

Tabela 9 – Eficiência relativa dos portos que operam granéis líquidos da região Nordeste

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

O porto de Recife apresentou a menor eficiência 2,14%, mostrando que sua infraestrutura 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.

A análise de *benchmarking* para granéis líquidos, apresentada na Tabela 10, indica que os portos de referência são Aratu e Itaqui. Os portos de Suape, Pecém, Maceió, Cabedelo, Alumar, Guamaré, Natal-dunas e Trikem têm estes dois portos como parâmetro para atingir a eficiência. Os portos de Fortaleza, Dow Química e Atalaia têm apenas o porto de Aratu como referência, enquanto o porto de Recife tem apenas Itaqui.

Tabela 10 – *Benchmarking* dos portos que movimentam contêineres da região Nordeste

DMU	Aratu	Itaqui
Suape	35,00%	31,89%
Pecém	6,09%	8,80%
Fortaleza	34,61%	0,00%
Maceió	20,74%	4,11%
Cabedelo	9,89%	1,50%
Recife	0,00%	1,39%
Alumar	6,27%	1,22%
Guamaré	76,09%	1,91%
Natal-duna	5,91%	0,25%
Trikem	24,38%	0,48%
Dowquimica	5,69%	0,00%
Atalaia	19,83%	0,00%

## 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:

- i. 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.
- ii. No que diz respeito a 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.
- iii. 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 um índice que reflete como está sendo utilizada a infra-estrutura de um porto, como pôde 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 sendo analisada a parte operacional do porto. O modelo também não contemplou variáveis que avaliassem a gestão do porto.

Para complementar e agregar conteúdo a este trabalho, os autores estão desenvolvendo as seguintes atividades:

- i. Aplicar o modelo a um número maior de portos, podendo incluir mais variáveis para analisar a eficiência;
- ii. Fazer pesquisa com gestores portuários e pessoas do setor portuário para determinar quais variáveis são significativas para cada tipo de modelo;
- iii. Validar os dados escolhidos para serem utilizados no modelo através de análise de sensibilidade ou outras técnicas, de forma que o modelo apresente eficiência mais representativa com a realidade;
- iv. Subdividir cada tipo de carga de acordo com o porte do porto, e assim, analisar no mesmo grupo, portos com características similares;
- v. Inserir nos dados variáveis que avaliem a gestão e a operação do porto.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO-MEZA, L.; L. BIONDI NETO; J. C. C. B. SOARES DE MELLO AND E. G. GOMES. ISYDS - Integrated System for Decision Support (Siad - Sistema Integrado de Apoio a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**. 25. (3):493-503. 2005.

ANJOS, M. A. **Aplicação da análise envoltória de dados (DEA) no estudo da eficiência econômica da indústria têxtil brasileira nos anos 90.2005**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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.

DRUCKER, PETER F. **Introdução à Administração**. 3ª ed. São Paulo: Pioneira, 1998.

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

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

LIMA JR., O. F. Análise e Avaliação do Desempenho dos Serviços de Transporte de Carga, In: Caixeta-Filho, J.V. e Martins, R.S. (eds.) **Gestão Logística do Transporte de Cargas**. São Paulo: Atlas, 2001.

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**. 2005. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RIOS, L. R. AND A. C. G. MAÇADA. Analysing the relative efficiency of container terminals of Mercosul using DEA. **Maritime Economics and Logistics**.8. (4):331-346. 2006.

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. 2007.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

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. 2002.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

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.

## Efficiency analysis of Brazilian Northeast ports using Data Envelopment Analysis

José Nauri Cazuzza de Sousa Júnior<sup>1</sup>, naurijr@yahoo.com.br

Ernesto Nobre Ferreira Júnior<sup>2</sup>, nobre@ufc.br

Bruno de Athayde Prata<sup>3</sup>, baprata@yahoo.com.br

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará (UFC), Mestrando em Engenharia de Transportes (PETRAN/UFC)  
Fortaleza, CE, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Ceará (UFC), Professor do Departamento de Engenharia de Transportes  
(DET/UFC). Fortaleza, CE, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal do Ceará (UFC), Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional  
(GESLOG/UFC). Fortaleza, CE, Brasil

\*Received: March, 2008 / Accepted: August, 2008

### ABSTRACT

*The port system is a key element to the economic development of a region. In this sense, the performance evaluation is fundamental to the monitoring and improving the activities of above mentioned sector. Data Envelopment Analysis – DEA is a method, based on mathematical programming, which analyses, with agreement to a set of inputs and outputs of a process, the relative efficiency of a group of decision making units. The objective of this work was create a model to evaluate the performance of the ports in Northeast of Brazil, adopting a model oriented to inputs. It was considered two inputs (length of the pier and admissible depth) and one output (cargo handling, in weight or number of containers). This model was applied to the 22 ports of the above mentioned region. These ports were classified for type of cargo. The analysis made possible to observe that the majority of ports located in the Northeast of Brazil uses inefficiently its infrastructures. The determination of the relative efficiencies of these ports allows observe that its have capacity to handling a major quantity of goods with the same inputs. As conclusions, one can observe that DEA is a feasible and useful technique to the analysis, management and planning in the port sector, aiding the decision making process.*

**Keywords:** Port Planning. Data Envelopment Analysis. Performance Evaluation.

---