

## **Análise de Eficiência dos Terminais Portuários do Mercosul**

### **Luis Eduardo Madeiro Guedes**

Depto. Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Ilha do Fundão - Cidade Universitária - Centro de Tecnologia -Bloco F  
- Sala 105, Rio de Janeiro - RJ – Brasil, tel: 55 21 2562-7047  
guedes1970@uol.com.br

### **Rafael Columa M. Pena**

Aluno do curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da UFRJ  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Ilha do Fundão - Cidade Universitária - Centro de Tecnologia -Bloco F  
- Sala 103, Rio de Janeiro - RJ – Brasil  
rcmpena@terra.com.br

### **Alexandra dos Santos Guerreiro**

Consultora da Overview Pesquisa  
Rua Siqueira Campos 142/101, Copacabana, Rio de Janeiro - RJ  
asguerreiro@hotmail.com

### **RESUMO**

Este trabalho tem como principal comparar o modelo utilizado por Rios, Maçada e Backer (2004) para avaliação da eficiência de terminais portuários com o modelo proposto que utiliza metodologia de simulação de restrição aos pesos chamada DMU's artificiais. O modelo proposto se mostrou adaptado ao problema e, além de ajustar uma função de produção mais adequada, não perdeu capacidade de discriminação. Com aplicação do método foi possível encontrar os pontos críticos do sistema portuário e propor ações prioritárias na busca da eficiência.

### **ABSTRACT**

This work has as main to compare the model used for Rios, Maçada and Backer (2004) for evaluation of the efficiency of port terminals with the considered model that uses methodology of simulation of restriction to the weights called artificial DMU 's. The considered model if showed suitable to the problem and, beyond adjusting a function of adjusted production more, it did not lose discrimination capacity. With application of the method it was possible to find the critical points of the port system and to consider with priority actions in the search of the efficiency.

### **1. INTRODUÇÃO**

Com aumento considerável na última década tanto das exportações quanto das importações, que acarretaram uma maior movimentação de carga em terminais portuários, cada vez mais se faz necessário tornar os processos de operação mais eficientes, para que o sistema portuário não seja um ponto crítico na expansão do comércio exterior.

Neste sentido se torna cada vez mais importante o desenvolvimento e adaptação de metodologias que possam, não só, medir a eficiência dos terminais portuários como também investigar quais são as boas práticas e os determinantes da ineficiência, para que ações de gestão possam ser tomadas na busca pelo processo de operação mais eficiente.

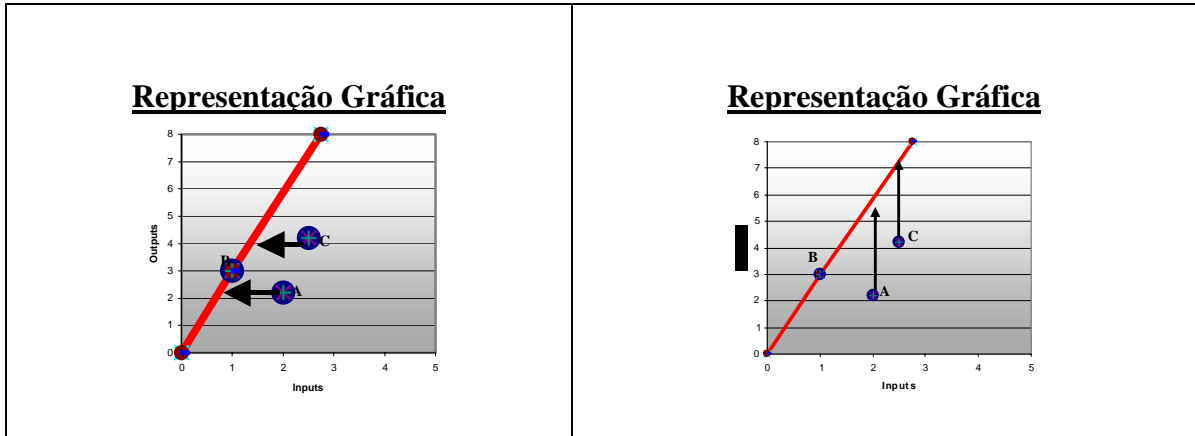
Segundo este objetivo, este trabalho compara visões diferenciadas do entendimento do processo de operação dos terminais portuários e propõem um modelo que é capaz de identificar os pontos críticos do sistema.

Na segunda seção é apresentada a metodologia que será base para o trabalho, bem como suas vantagens e desvantagens. A seguir veremos como esta metodologia vem sendo aplicada no estudo da eficiência dos terminais portuários. Na seção 4 serão apresentados a base de dados e os modelos, um utilizado por Rios, Maçada e Backer (2004) e o outro proposto pelo trabalho. Em seguida será apresentado o método que simula restrições aos pesos e introduz a opinião de especialistas. Logo após são apresentados os principais resultados e conclusões.

## 2. METODOLOGIA

O CCR, modelo originário das técnicas de DEA, define a eficiência como a soma ponderada dos *outputs* dividido pela soma ponderada dos *inputs*. Essa definição exige que um conjunto de pesos seja atribuído, o quê, considerando que esse conjunto deve ser aplicado a todas as DMU's, torna-se uma tarefa bastante complicada. Charnes, Cooper e Rhodes (1978) apresentaram uma resolução para este problema, argumentando que cada unidade individual possui um sistema de valores particular e por si só tem legitimidade para definir seu próprio conjunto de pesos, no sentido de maximizar sua eficiência. A única limitação imposta é que todas as unidades tenham eficiência menor ou igual a 1. Abaixo segue a formulação do modelo CCR, para maximização de *outputs* e minimização de *inputs*,

Minimização de inputs - CCR- I	Maximização de Outputs – CCR-O
<p style="text-align: center;"><b><u>Primal</u> (Multiplicadores)</b></p> $Max h_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0}$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} = 1$ $\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \quad K = 1, 2, \dots, n$ $u_j e v_i \geq 0 \quad \forall j, i$ <p style="text-align: center;"><b><u>Dual</u> (Envelope)</b></p> $Min \theta$ <p>Sujeito a:</p> $\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, r$ $- y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, s$ $\lambda_k \geq 0 \quad \forall k$	<p style="text-align: center;"><b><u>Primal</u> (Multiplicadores)</b></p> $Min h_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0}$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^r u_j y_{jk} = 1$ $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} \leq 0, \quad K = 1, 2, \dots, n$ $u_j e v_i \geq 0 \quad \forall j, i$ <p style="text-align: center;"><b><u>Dual</u> (Envelope)</b></p> $Max \theta$ <p>Sujeito a:</p> $-\theta y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, s$ $x_{i0} + \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, r$ $\lambda_k \geq 0 \quad \forall k$



onde:  $h_0$  e  $\theta$  – eficiência;

$u_j, v_i$  – pesos de outputs e inputs respectivamente;

$x_{ik}, y_{jk}$  – inputs  $i$  e outputs  $j$  da DMU $_K$ ;

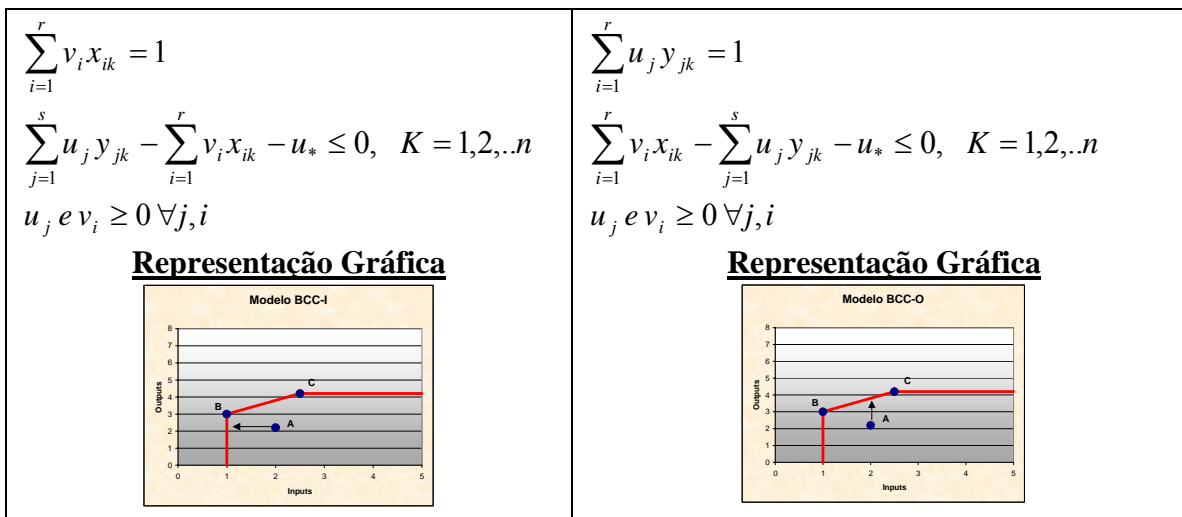
$x_{i0}, y_{j0}$  – inputs  $i$  e outputs  $j$  da DMU 0;

$\lambda_k$  –  $k$ -ésima coordenada da DMU 0 em uma base formada pelas DMU's de referência.

Na formulação dos modelos, pode-se ver que a diferença entre as óticas está na posição da variável  $h$ , em relação às restrições. Também é possível observar que a função de produção, representada pela fronteira de eficiência, é sempre crescente, admitindo que a produção de *outputs* sempre pode crescer, desde que haja crescimento dos *inputs*. Por isso, conclui-se que o modelo tem retornos constantes de escala (CRS).

O modelo BCC, desenvolvido por Banker, Charnes, Cooper (1984), surgiu como uma forma resultante da partição da eficiência do modelo CCR em duas componentes: a eficiência técnica e a eficiência de escala. A medida de eficiência técnica, resultante do modelo BCC, identifica a correta utilização dos recursos à escala de operação da DMU. A eficiência de escala é igual ao quociente da eficiência BCC com a eficiência CCR e dá uma medida da distância da DMU em análise até uma DMU fictícia, que opera com o tamanho da escala mais produtivo. Abaixo seguem as formulações do modelo.

<b>Minimização de Inputs - BCC- I</b>	<b>Maximização de Outputs – BCC-O</b>
<p style="text-align: center;"><b><u>Primal (Envelope)</u></b></p> <p><i>Min</i> <math>\theta</math></p> <p>Sujeito a:</p> $\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, r$ $- y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, s$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ $\lambda_k \geq 0$ <p style="text-align: center;"><b><u>Dual (Multiplicadores)</u></b></p> $\text{Max } h_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} - u_*$ <p>Sujeito a:</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>Primal (Envelope)</u></b></p> <p><i>Max</i> <math>\theta</math></p> <p>Sujeito a:</p> $-\theta y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \quad i = 1, \dots, s$ $x_{i0} + \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \quad j = 1, \dots, r$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ $\lambda_k \geq 0$ <p style="text-align: center;"><b><u>Dual (Multiplicadores)</u></b></p> $\text{Min } h_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} - u_*$ <p>Sujeito a:</p>



onde:  $h_0$  e  $\theta$  – eficiência;

$u_j, v_i$  – pesos de outputs e inputs respectivamente;

$x_{ik}, y_{jk}$  – inputs  $i$  e outputs  $j$  da  $DMU_K$ ;

$x_{i0}, y_{j0}$  – inputs  $i$  e outputs  $j$  da  $DMU_0$ ;

$\lambda_K$  –  $k$ -ésima coordenada da  $DMU_0$  em uma base formada pelas  $DMU$ 's de referência.

Visualmente, a diferença entre as formulações dos modelos BCC e CCR é a restrição de convexidade. Porém, as representações gráficas demonstram ainda que os modelos apresentam algumas outras diferenças na forma da função de produção, determinada pela restrição de convexidade, diferenciando os objetivos na busca pela eficiência, dos modelos BCC e CCR.

### 2.1. Limitações e Vantagens da DEA

Banker, Charnes e Cooper (1984), a DEA, por ser um método de avaliação não paramétrico, tem algumas características diferenciadas em relação a outros métodos. Contrastando com métodos paramétricos, onde o objetivo é otimizar um plano de regressão simples, a DEA otimiza individualmente cada uma das observações, uma em relação às demais, para assim, determinar a fronteira de eficiência. A análise paramétrica tradicional aplica a mesma função de produção a cada uma das observações. Portanto, o foco da DEA está nas  $n$  otimizações, em contrapartida às estimações de parâmetros das aproximações estatísticas utilizadas por outros métodos.

Outra vantagem da DEA é a de não requerer nenhuma forma funcional das variáveis envolvidas nas análises. Além disso, também não é necessário fazer nenhuma suposição a respeito da distribuição das variáveis. O fato de se poder trabalhar com múltiplos *outputs* e *inputs* também é uma importante vantagem. Porém, a escolha das variáveis presentes no modelo deve ser feita com bastante cuidado, pois quanto mais variáveis presentes, menor é o poder discriminatório do modelo.

Em contrapartida às vantagens descritas, há uma desvantagem relacionada às técnicas de estimação paramétricas. A priori, as hipóteses não podem ser testadas com o rigor estatístico, bem como o erro relativo à estimação da fronteira, uma vez que os insumos e produtos podem ser variáveis aleatórias.

Porém, baseado em resultados obtidos em trabalhos anteriores, pode-se concluir que o modelo

é eficiente naquilo a que se propõe. Observamos que realmente é possível, através de uma análise comparativa, destacarmos níveis de eficiência e, conseqüentemente, tomar decisões de forma mais segura e com mais agilidade.

### **3. APLICAÇÕES DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) NO SETOR PORTUÁRIO**

A técnica DEA ainda é pouco explorada na área portuária, porém nos anos 90 surgiram os primeiros estudos. Isso se deu devido a alguns fatores tais como: expansão dos portos, privatização e especialização dos terminais, o qual a eficiência e produtividade foram impactadas. Rolll e Hayuth (1993) utilizaram o modelo CCR (Charles, Cooper & Rhodes) para estimar a eficiência dos portos. O estudo baseou-se em dados hipotéticos de 20 portos, com três inputs (capital, quantidade de funcionários e tipo de carga) e quatro *outputs* ( nível de serviço, movimento de carga, satisfação do usuário e número de atracções).

Martinez-Budría et al (1999) realizou um novo estudo, o qual analisou a eficiência de vinte e seis portos espanhóis, totalizando 130 observações no período de 1993 a 1997, através do modelo BCC com três inputs (despesas com pessoal, taxas de depreciação e outros gastos) e dois outputs (total de carga movimentada e receita obtida em aluguel de facilidades).

Outro que utilizou a técnica DEA foi Tongzon (2001), através do modelo CCR Aditivo, com três inputs (número de guindaste, número de berços, de rebocadores e de funcionários, área do terminal e *delay time*) e dois outputs (TEU e tempo do navio em hora) para testar eficiência de dezesseis terminais de contêineres, sendo quatro australianos.

Já Valentine e Gray (2001) analisaram a eficiência dos terminais de *containers* de vários países comparando os privatizados com os terminais que continuam com o setor público. O modelo adotado foi o CCR com dois inputs (tamanho do berço e total de investimentos) e dois outputs (número total de contêineres e total de toneladas movimentadas). Para essa análise foram utilizados dados de 21 terminais de *containers* e o resultado apontou que a estrutura organizacional pode ser incorporada ao modelo conceitual do setor portuário. Além disso, os autores sugerem que outros dados sejam analisados, bem como a necessidade de um maior número de inputs no modelo.

Ao analisar a eficiência operacional de oito portos japoneses, Itho (2002) baseou-se no modelo com inputs divididos em três categorias: infra-estrutura (área do terminal, número de berços), superestrutura (número de guindastes) e número de funcionários e um output (TEUs movimentados por ano). Somente o porto de Tóquio obteve uma eficiência constante em todo o período.

O estudo de Serrano e Castellano (2003) teve como objetivo analisar a eficiência dos portos espanhóis. O modelo utilizado foi o BCC, onde levou-se em consideração dados de 9 portos, com três inputs (tamanho do berço, área do terminal, número de guindaste) e dois outputs (TEU, movimentado e quantidade em toneladas movimentada). O resultado do estudo mostrou-se que a eficiência ficou em torno de 65% e 70%.

Souza e Souza (2007) utilizam à técnica de Componentes Principais combinada com a Análise Envoltória de Dados (DEA) para classificar os portos brasileiros através de um

critério de importância segundo quatro dimensões: Resultados Operacionais, Infra-estrutura, Aspectos Geo-econômicos e Previsão Operacional para 2011.

#### **4. PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE OS MODELOS PROPOSTOS**

##### **4.1. Base de dados e descrição das variáveis**

A base de dados utilizada no trabalho foi a mesma de por Rios, Maçada e Backer (2004), para os resultados pudessem ser comparados. Nesta base de dados existem informações para os portos de 3 países do Mercosul: Brasil, Argentina e Uruguai, segundo Rios, Maçada e Backer (2004), o Paraguai não fez parte do estudo por não possuir movimentação significativa em seus terminais de containeres.

As DMU integrantes da base de dados representam uma amostra composta por 23 Terminais de Contêineres. São 15 terminais do Brasil que concentram mais de 85% da movimentação de contêineres no país. Eles foram selecionados através da Associação Brasileira de Terminais de Contêineres de Uso Público (ABRATEC), entidade que possui 10 terminais membros (Multi-Rio, Tecon Salvador, Libra T-37, Santos Brasil, Tecon Rio Grande, Libra T-1, TCP – Paranaguá, Terminal de Vila Velha, Teconvi e Tecon Suape) e foram adicionados mais 5 terminais (Sepetiba Tecon, São Francisco, Tecondi, Pecém e Rio Cubatão) que não são membros da associação, mas possuem uma posição significativa no cenário nacional. Também foram analisados 6 terminais da Argentina (Terminal 1 y 2, Terminal 3, Terminal 4, Terminal 5, Exolgan e Zarate) que representam mais de 90% da movimentação total do país e 2 terminais do Uruguai (Cuenca de la Plata e Montecon) que movimentam quase 100% do total desse país. A descrição de cada uma das variáveis utilizadas no estudo segue abaixo:

- Guindastes: São as máquinas principais, responsáveis por colocar os contêineres dentro do navio. Esta variável esta representada pelo número de guindastes em cada terminal portuário.
- Berço: Local onde o navio atraca para carregar/descarregar. Quanto mais berços o porto possuir, mais navios podem operar simultaneamente. Esta variável esta representada pelo número de berços em cada terminal portuário.
- Área: Quanto maior for a área mais carga pode ser armazenada no porto aguardando os navios. Esta variável esta representada pela área, em metros quadrados, de cada terminal portuário.
- Funcionários: São os responsáveis por operar as máquinas e pela parte administrativa. Esta variável esta representada pelo número de funcionários em cada terminal portuário.
- TEUs (Twenty Equivalent Unit) : Unidade de medida de movimentação de contêineres, que representa o equivalente a quantidade de contêineres de 20 pés.

A classificação destas variáveis como *outputs* e *inputs* será diferenciada em cada modelo e discutida *a posteriori*.

##### **4.2. Modelo utilizado por Rios, Maçada e Backer (2004)**

O modelo utilizado por Rios, Maçada e Backer (2004) considera 4 *inputs* e 1 *output*, como mostra a figura 1.

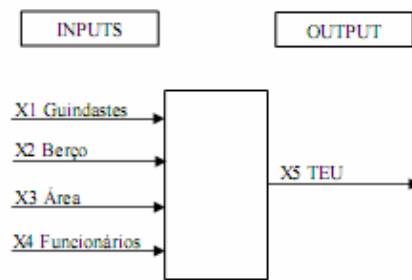


Figura 1: Modelo utilizado por Rios, Maçada e Backer (2004)

O modelo DEA utilizado neste estudo foi o CCR-I, sem nenhum tipo de restrição aos pesos. A justificativa apresentada para a utilização da orientação do modelo é que a eficiência das operações dos terminais de contêineres é observada a partir de como os inputs (recursos operacionais) auxiliam na transformação de output (movimentação em TEU). Se aumentarmos um recurso (input) este pode aumentar o output.

#### 4.3. Modelo proposto

O modelo proposto neste trabalho considera 3 *inputs* e 2 *outputs*, conforme mostra a figura 2:

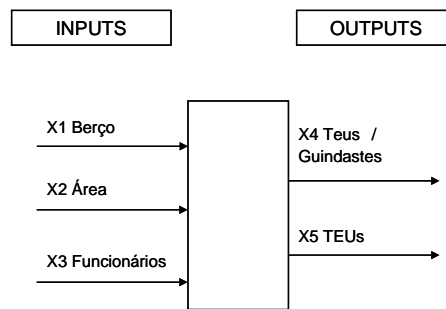


Figura 2: Modelo proposto

No modelo proposto o número de Guindastes deixou de ser input porque já é considerado indiretamente pelo modelo na relação Teus/Guindastes. A justificativa para a inserção da relação de Teus/Guindastes como output é que através desta relação é possível quantificar a produtividade dos guindastes do terminal.

O Modelo DEA BCC-O foi é mais adequado quando aplicado a terminais portuários do que a input pois considera-se que os portos estão constantemente investindo em máquinas e infraestrutura para aumentar sua capacidade de movimentação de contêineres (output) e por outro lado não buscam reduzir nenhum recurso (input) para melhorar sua eficiência. A preferência do BCC em relação ao CCR se dá pelo ajuste de uma função de produção mais adaptada ao caso estudado, pois seu crescimento não é constante.

#### 5. DMU's Artificiais: introduzindo a opinião do especialista

Segundo Figueiredo (2005), a flexibilidade na escolha dos pesos existente na metodologia DEA clássica é importante na identificação das DMUs ineficientes, ou seja, que apresentam baixo desempenho inclusive com pesos definidos de forma mais favorável. Contudo, em DEA, a atribuição de pesos não é uma tarefa de baixa complexidade. A escolha dos pesos introduzida no PPL através de restrições pode gerar inviabilidade na solução do problema.

Roll e Golany (1991) constataram que cada peso em DEA, estritamente positivo, era equivalente a uma DMU não observada (DMU artificial), introduzida entre as demais no momento da análise. Allen et al. (1997) generalizaram essa observação para o caso de múltiplos *inputs* e/ou *outputs*, para DMU's que operam com retornos constantes de escala ou para as que operam com retornos variáveis de escala. Desta forma, a inclusão de uma DMU Artificial ao conjunto original de DMUs funciona como método alternativo de simulação de um conjunto de restrições aos pesos, sendo os índices de eficiência desse novo conjunto calculados pelo método clássico, sem restrições aos pesos, o mesmo que o obtido com o conjunto inicial de DMUs utilizando restrições aos pesos ao invés de DMUs artificiais. As coordenadas escolhidas para as DMUs Artificiais são fundamentais para a efetividade da solução.

Como observamos em Gonçalves (2003), no modelo CCR, as DMUs Artificiais podem ser definidas com a utilização das equações (4.1) ou (4.2), sem que haja diferença nos resultados. Ambas simulam as restrições ARI e ARII.

$$y_{jt} = \frac{y_{jt}}{h_j^*} \quad e \quad x_{jt} = x_{jt} \quad \forall jt = j \quad (4.1)$$

$$y_{jt} = y_{jt} \quad e \quad x_{jt} = x_{jt} \cdot h_j^* \quad \forall jt = j \quad (4.2)$$

Já para o modelo BBC, a eficiência é dependente da orientação do modelo. Assim, a definição da DMU Artificial, utilizando contração dos *inputs* conforme equações expressas em (4.3), não produz os mesmos resultados se for utilizada a expansão dos *outputs*, conforme equações expressas em (4.4).

$$y_{jv} = y_{jv} \quad e \quad x_{jv} = x_{jv} \cdot v_j^* \quad \forall jv = j \quad (4.3)$$

$$y_{jv} = \frac{y_{jv}}{v_j^*} \quad e \quad x_{jv} = x_{jv} \quad \forall jv = j \quad (4.4)$$

Figueiredo (2005) fez a generalização das restrições de Gonçalves (2003) para problemas multidimensionais.

No caso deste trabalho a variável TEUs/Guindastes serviu de base de comparação entre as DMUs, sendo esta a variável estabelecida para corte. As DMUs que apresentassem esta variável abaixo de 70.000 TEUs/Guindastes não poderiam ser consideradas mais eficientes que outras que tivessem valor da variável acima do valor estabelecido como corte. Sendo assim, neste caso, foram introduzidas DMU's artificiais, chegando-se ao total de 2 interações, para que fosse possível chegar aos resultados finais. A definição do corte foi fundamental para a aplicação das restrições de Gonçalves (2003), pois sem esta definição seria impossível aplicar a metodologia.

## 6. Análise dos resultados

O modelo proposto pelo trabalho (BCC-O com DMU's artificiais) foi comparado com os resultados de 2003 de Rios, Maçada e Backer (2004), isto é, os resultados de 2002 não foram considerados para este estudo



Tabela 1: Comparação do resultado dos modelos

Terminal	Corte	BCC-O com DMU's Artificiais	CCR-I Clássico
2 Tecon Rio Grande	ACIMA	1,0000	1,0000
3 Santos Brasil	ACIMA	1,0000	0,8223
4 Teconvi	ACIMA	1,0000	1,0000
22 Montecon	ACIMA	1,0000	1,0000
23 Cuelca de la Plata	ACIMA	1,0000	1,0000
1 Libra	ACIMA	0,7566	0,5184
6 TCP – Paranaguá	ACIMA	0,7482	0,7119
16 Exolgan	ACIMA	0,4540	0,4500
5 São Francisco	ACIMA	0,6834	0,6834
7 Rio Cubatão	ACIMA	0,4250	0,4250
8 Multi-Rio	ACIMA	0,3825	0,3825
17 Terminal 1 e 2	ABAIXO	0,3825	0,4338
21 Zarate	ABAIXO	0,3825	0,5113
10 Libra Terminal	ABAIXO	0,3791	0,3791
12 Tecon Salvador	ABAIXO	0,3521	0,3521
18 Terminal 5	ABAIXO	0,2451	0,2494
9 Vila Velha	ABAIXO	0,3247	0,3247
19 Terminal 3	ABAIXO	0,2958	0,2788
13 Tecondi	ABAIXO	0,2856	0,2856
11 Suape	ABAIXO	0,2347	0,2538
20 Terminal 4	ABAIXO	0,2010	0,1968
14 Pecém	ABAIXO	0,1671	0,1641
15 Sepetiba Tecon	ABAIXO	0,0903	0,0903

Na tabela 1 pode-se ver a comparação entre os resultados dos modelos. Pode-se observar que o modelo proposto por este trabalho (BCC-O com DMU's artificiais) considerou 5 DMU's eficientes enquanto o modelo utilizado por Rios, Maçada e Backer (2004) (CCR-I Clássico) considerou 4. este fato ocorre pela forma diferente que a fronteira do modelo BCC assume, onde os crescimentos não são constantes.

Apesar de adotar um formato que tem a tendência de ser menos discriminatório, não se pode perceber diferença entre as eficiências médias e, portanto, pode-se dizer que os modelos são igualmente discriminatórios, fato que se deve à aplicação do algoritmo das DMU's artificiais que, simulando um conjunto de restrições aos pesos, torna o modelo mais discriminante.

Dentre os 15 portos brasileiros analisados, 20% foi considerado eficiente. Nenhum porto Argentino ou Uruguaio foi considerado eficiente.

Tabela 2: Contribuição das variáveis para o cálculo do escore de eficiência.

Terminais	VX(1) Berços	VX(2) Área	VX(3) Funcionarios	UY(1) TEUS	UY(2) TEUS/Guindastes
2 Tecon Rio Grande	1,0000	0	0	1,0000	0
3 Santos Brasil	0,5005	0	0	1,0000	0
4 Teconvi	0,9496	0,0504	0	1,0000	0
22 Montecon	0,0944	0	0,9056	1,0000	0
23 Cuelca de la Plata	0,8909	0	0,1091	1,0000	0
1 Libra	0,5061	0,0383	0	0,8156	0,1844
6 TCP – Paranaguá	0,3706	0	0,8126	1,0000	0
16 Exolgan	1,2477	0	0,2477	1,0000	0
5 São Francisco	0,0000	0	0	0,1790	0,8210
7 Rio Cubatão	2,3532	0	0	0,5966	0,4034
8 Multi-Rio	2,6147	0	0	0,5966	0,4034
17 Terminal 1	0,3066	0	2,3081	1,0000	0
21 Zarate	1,4118	1,2029	0	1,0000	0
10 Libra Terminal	2,2343	0	0,4036	1,0000	0
12 Tecon Salvador	2,5114	0,3290	0	1,0000	0
18 Terminal 5	2,1389	0	0,4245	1,0000	0
9 Vila Velha	2,5311	0	0,5486	1,0000	0
19 Terminal 3	0,0000	0,5683	3,5860	0	1,0000
13 Tecondi	3,5014	0	0	0,5966	0,4034
11 Suape	0	3,4568	0	1,0000	0
20 Terminal 4	0,6388	1,0420	4,5586	1,0000	0
14 Pecém	1,5949	0,0000	3,7300	1,0000	0
15 Sepetiba Tecon	8,6179	0	2,4553	1,0000	0

Na tabela 2, que mostra a contribuição das variáveis para o cálculo da eficiência, pode-se observar que apesar de serem considerados eficientes (grifados de cinza) estes 5 portos também apresentam problemas que puderam ser identificados pelo modelo. A atribuição de pesos igual a zero para a variável Teus/Guindastes, indica que todos os portos eficientes deveriam melhorar a sua produtividade (relação TEUs/Guindastes) na operação de guindastes para aumentar o volume de carga. Também existem indícios de que os portos eficientes também tem problemas relacionados a relação entre a área ocupada e sua produtividade, pois os pesos 0 atribuídos a variável área indicam que com a área que ocupam a movimentação de carga deveria ser maior para que eles fossem completamente eficientes, pois se houvesse alguma restrição direta aos pesos desta variável, alguns destes portos poderiam deixar de ser eficientes. Outra constatação do modelo é que 3 dos portos considerados eficientes também tem problemas com numero de funcionários, que é excessivo em relação a quantidade de carga movimentada.

Com relação aos ineficientes as conclusões que se pode tirar são as mesmas, isto é, existe ineficiência de operação da carga. A área disponível não se configura como problema enquanto o numero excessivo de funcionários para o movimento de carga confirma esta ineficiência, que é generalizada.

## 7. CONCLUSÕES

O modelo CCR-I considera crescimento constante de escala, o que na prática não existe nas operações portuárias. A alternativa apresentada se mostrou mais apropriada, pois considera uma função de produção adaptada a realidade das operações portuárias sem perder poder de discriminação.

Uma simples análise dos escores de eficiência não mostra quais são as boas praticas e os determinantes da ineficiência, é preciso analisar o espaço de pesos para que um diagnóstico mais profundo possa ser feito.

Os portos eficientes não podem ser considerados *benchmarks* pois também apresentam problemas de operação.

A eficiência na operação é um problema generalizado, sendo mais indicadas ações na melhoria do processo de movimentação de carga, concentrando investimentos na expansão de área.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.; ATHANASSOPOULOS, A.; DYSON, R.G. *Weights restrictions and value judgements in Data Envelopment Analysis: Evolution, development and future directions*. Annals of Operations Research, v. 73, J.C. Baltzer AG, Science Publishers. 1997.

BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER W. W., *Some models for estimating Technical and Scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis*. Management Science, 1984, vol. 30, nº 9, p. 1078-1092.

CHARNES, A., COOPER, W. W., RHODES, E. *Measuring the Efficiency of Decision-Making Units*. European Journal of Operational Research, 1978, vol. 2, p. 429-444.

FIGUEIREDO, D.S. de. *Índice Híbrido de Eficácia e Eficiência para Lojas de Varejo*. 2005. Dissertação (Mestrado). Niterói: Escola de Engenharia/UFF.

GONÇALVES, D.A. *Avaliação de Eficiência de Fundos de Investimentos Financeiros: Utilização de DMU's Artificiais em Modelos DEA com Outputs Negativos*. Rio de Janeiro, 2003. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ.

ITOH, H. *Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of DEA*. Rurds, v. 14, n. 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, n. 2, pp. 237-253, 1999.

RIOS, L.; MAÇADA, A.C.; E BACKER, J. *Análise da Eficiência das Operações nos Terminais de Contêineres do Mercosul*. Anais do XXVIII Encontro Nacional Da Associação Nacional De Pós-Graduação Em Administração, 2004, Curitiba. XXVIII ENANPAD

ROLL, Y.; GOLANY, B. *Controlling factor weights in DEA*. IIE Transaction, 23 (1), 1991.

ROLL, Y.; HAYUTH, Y. *Port performance comparison applying DEA*. Maritime Policy and Management, v. 20, n. 2, pp. 153-161, 1993.

SERRANO, M. G.; CASTELLANO, L. T. *Analisis de la eiciencia de los servicios de infraestructura en Espana: Una aplicación al tráfico de contenedores*. X Encuentro de Economía Pública, 2003.

SOUZA, W.F.S.; SOUZA,G.S. *Infraestrutura portuária nacional de apoio ao comércio extrior: Hierarquisação das unidades portuárias*. ENGEVISTA, v.9, n.1, p. 4-13, 2007

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

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