UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS - DEA PARA MEDIR A EFICIÊNCIA OPERACIONAL DOS TERMINAIS DE CONTÊINERES

Fernando Munis Barretto Mac Dowell

Resumo

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de uma metodologia para avaliar a eficiência dos principais terminais de contêineres do Brasil e internacionais, utilizando o método quantitativo Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA), onde serão rankeados os terminais de maior eficiência operacional, isto é, os terminais mais atrativos operacionalmente, levando-se em consideração a operação do navio e da carga e o retroporto. Para que se possa rankeá-los foram utilizados dados reais dos terminais de contêineres, proposto neste estudo. As eficiências são determinadas por meio de restrições aos pesos das variáveis. Portanto, esta ferramenta embasará o tomador de decisão a verificar a eficiência das unidades produtivas, denominadas de Unidades Tomadora de Decisão – (Decision Making Units – DMU).

Palavras-chave

Logística, terminais portuários, DEA

Abstract

This work has for objective the development of a methodology to evaluate the efficiency of the main terminals of containers of Brazil and International, using the method quantitative Data Envelopment Analysis - DEA, where they will be ranking the terminals of larger operational efficiency, that is, the terminals most attractive in our operation, being taken in consideration the operation of the ship and of the load and the landside. So that it cannot him rank given real data of the terminals of containers were used, proposed in this study. The efficiencies are certain by means of restrictions to the weights of the variables. Therefore, this tool give to the base for the decision maker to verify the efficiency of the productive units, denominated of Decision Making Units - DMU.

Keywords

Logistics, Container terminals, DEA – Data Envelopment Analysis

UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS - DEA PARA MEDIR A EFICIÊNCIA OPERACIONAL DOS TERMINAIS DE CONTÊINERES

Fernando Munis Barretto Mac Dowell

1 Introdução

Devido a crescente globalização dos mercados internacionais, a competitividade se tornou um fator importante para a sobrevivência de qualquer país que almeja se vislumbrar no cenário internacional. Portanto, para se sustentar no mercado internacional, primeiramente as fronteiras comerciais deveram ser amplas e bem definidas, o segundo ponto é uma rede logística integrada, tanto interna quanto externa, eficiente e eficaz, para que as empresas possam assegurar que o produto esteja realmente na mão do cliente a um custo acessível.

O comércio internacional utiliza como principal modal o marítimo, que é responsável por 90% da movimentação de carga entre fronteiras, sendo que 80% desta movimentação se tratam de cargas conteneirizadas. (YUN; CHOIN, 1999).

Segundo estudo elaborado pela UNCTAD, cognominado, *Review of Maritime Transport 2005*, relata que no ano de 2005, foram movimentados, no mundo, um montante de 335 milhões de TEUs. Esta movimentação está praticamente concentrada em 20 portos, responsáveis por 46,7% da movimentação mundial de contêineres, dentre os principais, estão os portos de Hong Kong – 22,427, Cingapura – 23,192, Shenzhen – 22,55, Shangái – 18,09, Busan – 11,84 e o país, Brasil, com 4,33.

Ainda, recorrendo ao estudo da UNCTAD, o Brasil foi o que teve a maior taxa de crescimento entre o ano de 2001 e 2003, na ordem de 53,6%, apesar de todos os problemas

logísticos e ineficiências operacionais dos terminais. Por outro lado, o Brasil, não possui nenhum porto entre os 20 maiores em movimentação de contêineres, pois o porto de maior movimentação é o de Santos, longe dos principais portos do mundo, com 2,267 milhões de TEUs.

Com a utilização do contêiner, os projetos dos navios passaram a sofrer alterações graduais a fim de se adequarem e tirarem o maior proveito possível destas estruturas modulares. Em 2005, atracou, na Inglaterra, o maior navio de contêineres do mundo, com capacidade de 9.200 TEUs da armadora MSC Pámela, cujo comprimento é de 321 metros e 45,6 metros de largura. Este tipo de navio teria enormes problemas para operar nas linhas de longo curso onde o Brasil faz parte.

Entretanto, esta mudança no panorama mundial do comércio, por meio de contêineres, é cada vez maior nos portos do mundo, portanto o Brasil deve se adequar a estas mudanças.

Devido a isso, empresas importadoras e exportadoras necessitam de um aumento na eficiência dos portos para maximizar suas receitas, e por sua vez, os portos precisam encontrar maneiras de diminuir o tempo de operação do navio para que se possa atender o maior número de navios possíveis. Assim, entender os conceitos de eficiência e desempenho é fundamental para lidar com pressões internas e externas, principalmente na área portuária, considerado um negócio complexo com diferentes *inputs* e *outputs* (WANG *et al*., 2002).

Segundo Calmon (2001), a eficiência dos terminais de contêineres do Brasil está muito longe dos principais portos mundiais, como por exemplo: Busa (110 contêineres por hora), Cingapura (100 contêineres movimentados por hora), Rotterdam – Holanda (60 contêineres movimentados por hora), Santos (40 contêineres movimentados por hora) e Rio Grande (30 contêineres movimentados por hora).

Desta forma, pesquisadores como Daganzo; Peterkofsky, Kim e Tongzon *apud* Rios et al (2004), expressam que o assunto relacionado às operações de terminais de contêineres tem ganhado bastante atenção por parte de pesquisadores da área de Pesquisa Operacional (PO) e executivos, devido o aumento da importância dos transportes marítimos. Inclusive para o monitoramento e a comparação da operação eficiente entre portos, envolvendo todos os componentes operacionais, figura 1, e especificamente terminais de contêineres, tornaram se essenciais para os programas de reformas microeconômicas em muitos países.

Portanto, este estudo tem como objetivo analisar a eficiência dos oito maiores terminais de contêineres do Brasil e os quatro maiores terminais mundiais, utilizando a técnica *Data Envelopment Analysis* - DEA.

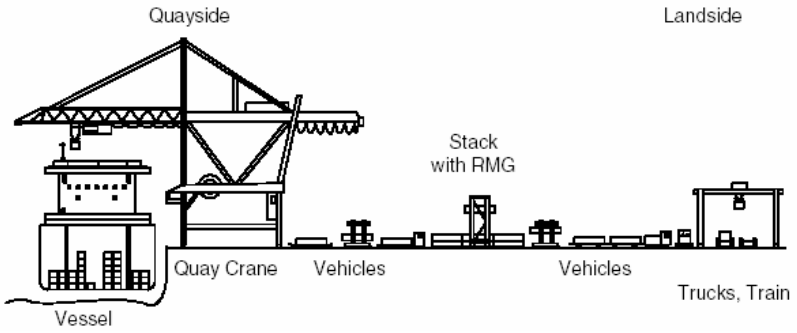

Figura 1 – Sistema Terminal de Contêineres
Fonte: Dirk Steenken, Stefan Voß, e Robert Stahlbock (2004)

2 Metodologia de Análise – Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA)

CHARNES, COOPER e RHODES (1978) desenvolveram uma técnica bastante robusta para avaliar o grau de eficiência relativa no uso dos recursos de empresas pertencentes a um mesmo setor ou ramo de atividade. Estes modelos têm origem no trabalho pioneiro de

FARREL (1957) onde foi proposto um índice de eficiência para o caso de múltiplos *inputs* e *outputs*, conforme a equação 1. Nela, Y_{jk} representa a saída j da unidade k, X_{ik} é a entrada i da unidade k, v_i e u_j representam, respectivamente, os pesos de cada saída *j* e cada entrada i, estes pesos geralmente são arbitrados, sendo objeto de considerável atenção na literatura internacional mais recente, sob o nome de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*).

$$Eficiência_k = \frac{\sum_j U_j Y_{jk}}{\sum_i V_i Y_{ik}} \tag{1}$$

A DEA consiste em modelos e técnicas de construção de fronteiras de produção e medidas de eficiência relativa conhecido como análise por envoltória de dados. É classificada como não-paramétrica, pois não utiliza uma função de produção predefinida idêntica para todas as organizações na análise do relacionamento insumo -produto -eficiência. A técnica toma por base um conjunto de dados observados em diversas organizações, denominadas *Decision Making Units* - DMU. Avalia-se a eficiência de cada DMU, comparando-a com um grupo de referência constituído por outras DMU com o mesmo conjunto de *input* e *output* (SAHA; RAVISANKAR, 2000).

Vale salientar ainda que a Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica de Pesquisa Operacional, que tem como base a Programação Linear, e cujo objetivo é analisar comparativamente unidades independentes (empresas, organizações, departamentos, etc.) no que se refere ao seu desempenho operacional, sendo capaz de incorporar diversos insumos e produtos para o cálculo da eficiência. Por se tratar de uma ferramenta não-paramétrica a DEA se distingue das aproximações paramétricas, que otimizam um plano de regressão a partir das

observações, portanto, a DEA otimiza cada observação individual com o objetivo de se calcular uma fronteira de eficiências, determinada pelas unidades que são Pareto eficientes., isto é, uma unidade é Pareto eficiente se, e somente se, ela não consegue melhorar alguma de suas características sem piorar as demais.

Esta técnica já foi aplicada em diversos estudos, referentes aos mais diversos setores, na área de análise de sistemas de transportes pode-se citar alguns estudos relacionados com a DEA, como Novaes (1997 e 2001); Chu e Friefding(1992) e Odeck Jr. E Halmarsson (1996). Já no setor portuário, estudos desenvolvidos por Bendall e Stent (1987) Tabernacle (1995), Ashar (1997) e De Monie (1987). De acordo com Cullinane *et al* (2004), a DEA é uma das mais importantes técnicas para mensurar a eficiência. O autor ainda reforça que existam diversas aplicações de DEA clássica na indústria portuária marítima e.g. Tongzon (2001), Valentine e Gray (2001) e Martinez *et al* (1999), conforme figura 2.

Ainda em 2002, Itoh, analisou a eficiência operacional dos oito maiores terminais de contêineres do Japão, utilizando como número de TEUs movimentados por ano e os inputs foram divididos em 3 categorias: infra-estrutura (área do terminal e número de berços), superestrutura (número de guindastes) e número de trabalhadores. Turner *et al*. (2004) mediram a eficiência de 26 terminais de contêineres dos Estados Unidos e Canadá entre 1984 a 1997. Os inputs escolhidos foram a área do terminal, número de guindastes e tamanho do berço. O output considerado foi o número de TEUs movimentados.

Autores	Objetivos	Amostra	Modelo DEA	Inputs	Outputs
ROLL & HAYUTH (1993)	Estimar a eficiência dos portos.	20 portos	CCR	- Capital; - Funcionários; - Tipo de carga.	- Nível de serviço; - Movimento de carga; - Satisfação dos usuários; - Nº de atracações.
MARTINEZ – BUDRIA et al (1999)	Examinar a eficiência relativa dos portos e a evolução de um determinado porto.	26 portos da Espanha	BCC	- Despesas com pessoal; - Taxas de depreciação; - Outros gastos.	- Total de carga movimentada; - Receita obtida no aluguel de facilidades portuárias.
TONGZON (2001)	Especificar e testar os fatores que influenciam a performance e a eficiência de um porto.	4 australianos e outros 12 terminais de *containers* internacionais	CCR Additive	- Número de guindaste, berços, rebocadores e funcionários; - Área do terminal; - Delay time.	- TEU'S; - Movimentação Hora/Navio.
VALENTINE & GRAY (2001)	Determinar se um tipo particular de proprietário e estrutura organizacional.	31 portos de *containers*	CCR	- Tamanho do berço; - Tamanho de berço para containers.	- N de *containers;* - Total de toneladas movimentadas.

Figura 2. Alguns estudos de DEA em Portos
Fonte: Wang *et al* (2002)

A técnica DEA clássica permite dois ângulos de análise para a superfície envoltória, o modelo CCR que determina uma fronteira CRS (*Constant Returns to Scale*) que indica que crescimentos proporcionais dos *inputs* produzirão crescimentos proporcionais dos *outputs*. O modelo VRS (*Variable Returns to Scale*) diferencia-se do modelo CRS por considerar a possibilidade de rendimentos crescentes ou decrescentes de escala na fronteira eficiente.

Para esclarecer a diferença entre essas duas metodologias, é necessário nos reportar aos distintos conceitos de eficiência abordados pela Análise por Envoltória de Dados. Esses conceitos são assim apresentados por Belloni (2000, pág. 18).

A diferença entre esses dois métodos é advinda basicamente dos retornos a mudanças na escala de produção. As propriedades de retornos à escala referem-se à forma como a produção varia à medida que varia o consumo, ou seja, o que acontece com a produção quando mudamos a quantidade de insumos. Estes dois tipos de modelos clássicos podem ainda ser orientados a *input* indicam que se deseja minimizar a utilização de recursos tal que o nível dos

outputs não se reduza. Modelos com orientação ao output indicam que o objetivo é maximizar os produtos obtidos sem alterar o nível atual dos inputs.

Segundo Badin (1997) os modelos orientados, apresentados a seguir, são voltados à produção. Ou seja, a partir do vetor de insumos dado, busca medir a eficiência através da projeção da produção na fronteira eficiente. É assumida a existência de n unidades de tomada de decisão (DMUs) a serem avaliadas. Cada DMU consome montantes variados de *m* diferentes insumos para produzir *s* diferentes produtos. Especificamente, DMUj (j = 1,...,n) consome um montante Xj = (xij) de insumos (i = 1,...,m) e produz um montante Yj = (yrj) de produtos (r = 1,...,s). Assume-se que xij > 0 e yrj > 0. A matriz de produtos *s x n* é denotada por Y e a matriz de insumos *m x n* é denotada por X.

Vale salientar que o modelo CCR orientado a *inputs*, ou seja, orientado a produção é o primal e o dual do CCR orientado a *input* é o CCR orientado a *output*, conforme figura 3.

CCR - Orientado à produção - Primal
(CCRp - O)

$$\max_{\phi,\lambda,s,e} Z_1 = \phi + \varepsilon \vec{1} s + \varepsilon \vec{1} e$$
$$\text{s.a.} \quad \phi Y_1 - Y\lambda + s = 0$$
$$X\lambda + e = X_1$$
$$\lambda,\ s,\ e \geq 0,\ \phi \text{ livre}$$

CCR - Orientado `a produção - Dual
(CCRd - O)

$$\min_{u,v} Q_1 = v^T X_1$$
$$\text{s.a.} \quad u^T Y_1 = 1$$
$$-u^T Y + v^T X \geq 0$$
$$u^T \geq \varepsilon \vec{1}$$
$$v^T \geq \varepsilon \vec{1}$$

Figura 3 Primal e Dual do Modelo CCR
Fonte: Badin (1997)

O valor Φ indica o grau de expansão radial possível em todos os produtos, dado o nível observado de insumos. O vetor l identifica DMUs referência que compõem a faceta de projeção. As folgas s nos produtos e os excessos e nos insumos são variáveis de decisão no modelo e têm por objetivo garantir uma medida de eficiência que assegure as condições Koopmans-Pareto. A infinitesimal não-archimediana é introduzida com o objetivo de tornar o

modelo invariante em relação às unidades de medida das variáveis e garantir a precedência da maximização de f na função objetivo (CHARNES et al., 1992; ALI; SEIFORD, 1993a e b). Desse modo, e garante que uma DMU não seja classificada como eficiente se existirem folgas nos vetores produto e insumo, mesmo que uma expansão equiproporcional nos produtos não seja possível ($\Phi = 1$).

Os valores ótimos Z*l (= Q*l) produzem uma medida de eficiência que expressa a distância da DMU_l em relação à fronteira eficiente. Uma DMU é considerada eficiente no sentido Koopmans-Pareto se duas condições forem satisfeitas:

$1 - \Phi = 1$ e 2 - as variáveis de folga e excesso forem todas = 0

Associado a cada DMUj ineficiente (Xj, Yj) está um ponto de comparação (X*, Y*) sobre a fronteira, expresso como uma combinação linear de DMUs. O valor f mede a distância de (Xj, Yj) ao ponto projetado (X*, Y*) sobre a fronteira e expressa a taxa de expansão necessária em todos os produtos para tornar a unidade eficiente.

Ali e Seiford (1993a) mostram que a mensuração da eficiência pode ser obtida em dois estágios. No primeiro, obtem-se o valor Φ otimizando a expansão equiproporcional nos produtos e, num segundo estágio, busca-se uma movimentação sobre a fronteira identificando as folgas nos produtos e os excessos nos insumos, não sendo necessário, neste caso, a imposição de e como limite aos multiplicadores.

A formulação dual (multiplicadores) caracteriza a medida CCR em forma de razão e resolve o problema de programação fracional proposto inicialmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978). Os múltiplos produtos e múltiplos insumos são transformados, através dos pesos u e v, em medidas únicas chamadas produto virtual e insumo virtual.

Tecnologia com retorno variável de escala, modelo BCC, assume o postulado de que todo plano de produção não observado que é uma combinação convexa dos planos de produção induzidos, excluindo a origem, e também pertencem ao conjunto de possibilidades de produção. Para sua formulação, basta incluir a restrição de convexidade na combinação de DMUs referência (å l = 1), conforme a figura 4.

BCC - Orientado à produção - Primal (BCCp - O)	BCC - Orientado à produção - Dual (BCCd - O)
$\underset{\phi,\lambda,s,e}{\text{Max}}\ Z_1 = \phi + \varepsilon.\vec{1}s + \varepsilon\vec{1}e$	$\underset{u,v}{\text{Min}}\ Q_1 = v^T X_1 + w_1$
s.a. $\phi Y_1 - Y\lambda + s = 0$	s.a. $u^T Y_1 = 1$
$X\lambda + e = X_1$	$-u^T Y + v^T X + w_1\vec{1} \geq 0$
$\vec{1}.\lambda = 1$	$u^T \geq \varepsilon.\vec{1}$
$\lambda, s, e \geq 0, \phi$ livre	$v^T \geq \varepsilon\vec{1}, \quad w_1$ livre

Figura 4 - Primal e Dual do Modelo BCC
Fonte: Badin, 1998

A restrição de convexidade admite retornos variáveis de escala, já que os hiperplanos não estão restritos a passar pela origem como no modelo CCR. Note-se que os valores ótimos das funções objetivo implicam sempre BCC $\subseteq$ CCR e, portanto, eficiência em CCR $\leq$ eficiência em BCC. Este dois modelos podem ser resumidos graficamente conforme a figura 5.

.O modelo utilizado neste estudo é o CCR orientado a *inputs*. Na aplicação desse modelo, pode-se optar pela orientação a *input*, pois a eficiência dos recursos disponíveis para realização das operações no terminal é observada a partir de *input* "recursos" – se de como esse fator auxilia na transformação de *output*.

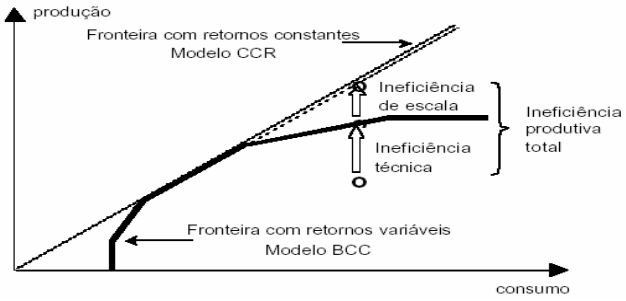

Figura 5. Fronteiras de produção para os modelos BCC e CCR
Fonte: BELLONI, 2000

3 Modelagem do CCR orientado a *inputs.*

A DEA fornece uma medida para avaliar a eficiência relativa de unidades de tomada de decisão (DMUs - *Decision Making Units*). Cada DMU é representada por um conjunto de S *outputs* e um conjunto de E *inputs*, conforme escrito anteriormente.

Portanto a abordagem DEA tem como objetivo: a identificação das causas e as dimensões da ineficiência relativa de cada uma das unidades comparadas; o fornecimento de um índice de eficiência e o estabelecimento de metas de produção que maximizem a produtividade das unidades avaliadas.

Todavia, na aplicação da metodologia, segundo BADIN (1998), deve-se considerar três fases no estudo de medida de eficiência, usando a abordagem DEA, a saber: a definição e seleção das DMUs para análise; a determinação dos *inputs* e dos *outputs* relevantes e apropriados para avaliar a eficiência relativa das DMUs selecionadas e aplicação dos modelos DEA e análise dos resultados.

Neste trabalho, as DMUs analisadas representam uma amostra intencional composta pelos oito terminais de contêineres, do Brasil, que obtiveram a maior movimentação em 2005

e quatro terminais de contêineres mais importantes mundialmente, ou seja, os de maior movimentação conforme estudo da UNCTAD 2005.

Os oito mais importantes terminais de contêineres no Brasil são: o Terminal Santos Brasil, o Terminal T-37 da Libra - Santos, o Terminal Tecon Rio Grande, o Terminal TCP – Paranaguá, o Terminal Teconvi – Itajaí, o Tecon de Salvador, Suape Tecon e o Terminal de Vilha velha em Vitória. Já com relação aos terminais internacionais de maior movimentação são: Terminal de Jurong – Singapura, o Terminal Internacional de Hong Kong – HIT, o Modern Terminal Limited - MTL de Hong Kong e o Pasir Panjang Terminal da PSA – Singapura.

O modelo de produção utilizado neste estudo é o validado por Cullinane *et al* (2004), composto por 5 *inputs* e 1 *output,* os *inputs* que foram tratados são*: o* comprimento do berço em metros, a área o terminal em (ha), o número de equipamentos nos berços (unidades), o número de equipamentos de reporto, o número de straddle carriers e como output o número de contêineres movimentados (TEUs).

O modelo deste estudo é composto de três *inputs* e um o*utput*, visando atender os requisitos propostos por Banker, Charnes e Cooper (1984) que relaciona o número de *inputs* e *outputs* com o número de DMU's, isto é, para cada *m inputs* e *n output* deverá corresponder a $3x(m+n)$ DMUs.

Como foi escrito anteriormente, a metodologia DEA inclui uma família de modelos. Nesse estudo é aplicado o modelo CCR-I abaixo, conforme Charnes, Cooper e Rhodes (1994).

$$Max\phi = \sum_{r=1}^{r} U_r Y_{r(E)} \quad (2)$$

Sujeito a

$$\sum_{i=1}^{m} V_i X_{i(E)} \leq 1 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} V_i X_{ij} \leq 0 \quad (4)$$

$$U_r \geq E \qquad r = 1,2,...,s$$
$$V_i \geq E \qquad i = 1,2,...,m \quad (5)$$

onde:

Φ = eficiência do terminal,
E = taxa de eficiência relativa da DMU_E,
y_{rj} = quantidade de output da unidade j
x_{mj} = quantidade de input observado m da unidade j;
u_s = variável de decisão que representa o peso dado ao output s;
v_m = variável de decisão que representa o peso dado ao input m;
n = número de unidades;
s = número de outputs;
m = número de inputs.

Sendo x_{ij} e y_{ij} respectivamente os valores do input e do output j, para terminal j, sendo n o número total de terminais de contêineres considerados na análise.

Os dados de entrada para aplicar a DEA – CCR orientada a *input* são mostrados na tabela 1.

DMU´s	INPUTS			OUTPUT
Terminais de Contêineres	Comprimento dos berços (m)	Área total (m^2)	Equipamentos - berço e reporto (unidades)	Movimentação de conteineres - TEU´s (2005)
T-37	1110	164.000	25	532.988
Santos Brasil	1070	484.000	52	1.051.841
TVV	450	108.000	13	190.535
Suape - Tecon	660	280.000	24	179.108
Salvador Tecon	454	74.000	12	221.000
TCP	655	305.000	12	420.318
Teconvi	500	48.000	18	310.000
Rio Grande Tecon	600	670.000	43	670.319
Jurong Ports - Singapura	4486	1.200.000	76	912.000
HIT - Terminal - Hong Kong	3992	1.110.000	252	6.000.000
MTL - Hong Kong	2322	926.100	299	4.350.000
Pasir Panjang Terminal - PSA - Singapura	3585	1.340.000	97	5.600.000

Tabela 1 – Dados dos Terminais de contêineres em (2005)
Fonte: Terminal Libra T-37, Terminal Santos Brasil, Terminal de Vila Velha, Terminal Tecon Suape, Terminal Tecon Salvador, Terminal TCP – Paranaguá, Terminal Teconvi – Itajaí, Terminal Tecon Rio Grande, Terminal de Jurong, HIT Terminal, MTL Terminal e Pasir Panjang Terminal. (2005)

Nestes casos, o input e output de um porto são definidos pela agregação de *inputs* e *outputs* individualmente dos terminais dos portos. É importante reconhecer, porém, que esta agregação pode ser problemática, refletindo a verdadeira eficiência de produção dos terminais individuais dentro do mesmo porto, particularmente quando estes terminais operam como unidades independentes. Não obstante, para uma amostra compor o nível do porto, os dados usados no estudo são o mais fidedigno e inclusive disponível.

Um resumo das características principais das variáveis com a finalidade de selecionar *inputs* e *outputs*, é apresentado na tabela 2.

DMU´s	INPUTS			OUTPUT
Terminais de Contêineres	Comprimento dos berços (m)	Área total (m^2)	Equipamentos - berço e reporto (unidades)	Movimentação de conteineres - TEU´s (2005)
Máximo	4486	1.340.000	299	6.000.000
Mínimo	450	48.000	12	179.108
Média	1657	559.092	77	1.703.176
Desvio Padrão	1526	474.369	97	2.226.582

Tabela 2 – Dados dos Terminais de contêineres em (2005)

4 Resultados

Os resultados apresentados a seguir foram obtidos utilizando o software Frontier Analyst®, versão 2.2 da empresa Banxia Software, especificamente o modelo CCR-I, com o

objetivo de medir a eficiência dos terminais de contêineres proposto neste estudo, conforme tabela 3.

O resumo dos indicadores de eficiência calculados por meio do método DEA para o ano de 2005 utilizando o modelo CCR-I pode ser observado na figura 6. É importante ressaltar que o método DEA trabalha com eficiência relativa e o ranking por ele fornecido depende da medida de desempenho adotada, que, por sua vez, está atrelada aos fatores escolhidos para análise.

Terminais	Eficiência (%)
Teconvi	100
MTL - Hong Kong	100
HIT - Terminal - Hong Kong	100
Pasir Panjang Terminal - PSA - S	100
T-37	67,51
Rio Grande Tecon	65,77
Salvador Tecon	61,06
TCP	60,67
Santos Brasil	60,38
TVV	38,69
Jurong Ports - Singapura	20,79
Suape - Tecon	17,06

Tabela 3 - Escore de eficiência para o ano de 2005 – Modelo CCR

Por meio da análise da tabela 3 e 4, quatro terminais obtiveram 100 % de eficiência, ou seja, atingiu a eficiência produtiva total. Esses terminais são eficientes tanto do ponto de vista técnico quanto de escala. Os demais terminais apresentaram algum tipo de ineficiência: de escala ou técnica.

Efficiency Report 24/4/2006

	Actual:	Target:	Potential Improvement:
100,00% Teconvi			
Comprimento de	500,00	500,00	00,00%
Área total (m2)	48000,00	48000,00	00,00%
Equipamentos -	18,00	18,00	00,00%
Movimentação d	310000,00	310000,00	00,00%
100,00% MTL - Hong Kong			
Comprimento de	2322,00	2322,00	00,00%
Área total (m2)	925100,00	925100,00	00,00%
Equipamentos -	299,00	299,00	00,00%
Movimentação d	4350000,00	4350000,00	00,00%
100,00% HIT - Terminal - Hong Kong			
Comprimento de	3992,00	3992,00	00,00%
Área total (m2)	1110000,00	1110000,00	00,00%
Equipamentos -	252,00	252,00	00,00%
Movimentação d	6000000,00	6000000,00	00,00%
100,00% Pasir Panjang Terminal - PSA - S			
Comprimento de	3585,00	3585,00	00,00%
Área total (m2)	1340000,00	1340000,00	00,00%
Equipamentos -	97,00	97,00	00,00%
Movimentação d	9600000,00	9600000,00	00,00%
67,51% T-37			
Comprimento de	1110,00	516,95	-53,43%
Área total (m2)	164000,00	164000,00	00,00%
Equipamentos -	25,00	25,00	00,00%
Movimentação d	532988,00	789482,20	48,12%
65,77% Rio Grande Tecon			
Comprimento de	600,00	600,00	00,00%
Área total (m2)	670000,00	230861,78	-65,54%
Equipamentos -	43,00	43,00	00,00%
Movimentação d	670319,00	1019163,83	52,04%
61,06% Salvador Tecon			
Comprimento de	454,00	237,54	-47,68%
Área total (m2)	74000,00	74000,00	00,00%
Equipamentos -	12,00	12,00	00,00%
Movimentação d	221000,00	361935,57	63,77%
60,67% TCP			
Comprimento de	655,00	443,51	-32,29%
Área total (m2)	305000,00	165773,20	-45,65%
Equipamentos -	12,00	12,00	00,00%
Movimentação d	420318,00	692783,51	64,82%
60,38% Santos Brasil			
Comprimento de	1070,00	1070,00	00,00%
Área total (m2)	484000,00	405622,52	-16,19%
Equipamentos -	52,00	52,00	00,00%
Movimentação d	1051841,00	1741957,24	65,61%
38,69% TVV			
Comprimento de	450,00	319,80	-28,93%
Área total (m2)	108000,00	108000,00	00,00%
Equipamentos -	13,00	13,00	00,00%
Movimentação d	190535,00	492437,72	158,45%
20,79% Jurong Ports - Singapura			
Comprimento de	4486,00	2808,87	-37,39%
Área total (m2)	1200000,00	1049696,91	-12,51%
Equipamentos -	76,00	76,00	00,00%
Movimentação d	912000,00	4387628,87	381,10%
17,06% Suape - Tecon			
Comprimento de	660,00	660,00	00,00%
Área total (m2)	280000,00	248207,77	-11,35%
Equipamentos -	24,00	24,00	00,00%
Movimentação d	179108,00	1049762,78	486,11%

Tabela 4. Resultados dos objetivos para alcançar a eficiência por terminal (2005)

5 Análise dos resultados

Apenas quatro terminais de contêineres, TECONVI - Itajaí, MTL Terminals – Hong kong, HIT Terminals – Hong Kong e o Pasir Panjang Terminals – PSA – Singapura, mostraram-se eficientes, conforme a tabela 3 e 4, no uso de seus recursos de operações. O

Teconvi é o quarto terminal em movimentação de contêineres – TEUs dos terminais brasileiros e possui uma área de armazenagem de 48.000m^2. Já com relação aos terminais internacionais, os 3 que se mostram eficientes, são os de maior movimentação de contêineres.

Já com relação ao terminal da Libra, o T-37, no porto de Santos, a sua eficiência é de 67,51%, para que se atinja a eficiência de 100%, a análise sugere que se reduza o comprimento do berço em 53,43%. A eficiência do Terminal Tecon – Rio Grande é de 65,77%, a análise sugere que a sua área de retro-porto estão 65,54% maior do que a necessária para as condições em 2005, mas com esta redução e mantendo a situação atual, ou seja, o mesmo comprimento de berço, os mesmos equipamentos, o terminal teria um crescimento de 52,04% na movimentação anual de contêineres em TEUs.

O Tecon do Porto de Salvador, estado da Bahia, tem a sua eficiência relativa de 61,06%, isto é, apesar de ser o 2º menor terminal brasileiro em área de retro-porto, é o 6º maior terminal em número de movimentação de contêineres - TEUs e ainda possui o menor número de equipamentos em relação aos terminais brasileiros, portanto, a análise destina como meta para este terminal uma redução em 47,68% no comprimento dos berços, em detrimento ao número de equipamentos e a área de retro-porto atuais, 2005, com isso o terminal aumentaria a sua movimentação de contêiner anual em 63,77%. Com relação ao quarto maior terminal de contêineres do Brasil, em movimentação anual em TEUs, o TCP – Terminal de Contêineres de Paranaguá, teve uma baixa efetividade, 60,67%, em relação ao Tecon de Salvador – 6º, devido aos valores das variáveis atuais, 2005. Entretanto, a análise sugere que se o terminal reduzi-se o comprimento dos berços de atracação em 32,29% e ainda reduzi-se a área de retro-porto em 45,65%, o terminal atingiria um aumento de 64,82% na movimentação anual de contêineres.

O maior terminal brasileiro em área de retro-porto, número de equipamentos, comprimento de berços e movimentação anual de contêineres, em 2005, tem a sua eficiência relativa baixa, 60,38%, isto é, se o mesmo, segundo a análise, reduzi-se em 16,19% a sua área de retro-porto, para a situação atual, em 2005, atingiria uma movimentação de contêineres 65,61% maior do que a que foi atingida em 2005. Vale reforçar que não adianta ser maior em tudo e não ser eficiente, ou seja, operacionalmente está abaixo de terminais com menor movimentação de contêineres, menores áreas de retro-porto entre outros.

O Terminal de Vila Velha, situado no estado do Espírito Santo, possui uma eficiência baixíssima, 38,69%, ou seja, muito aquém dos terminais mais eficientes, neste estudo. Para que o mesmo atinja a eficiência plena, a análise sugere que o mesmo diminua o comprimento dos berços em 28,93%, lembrando que isto é devido a situação de 2005. O porto de Singapura – Jurong Terminals teve a segunda pior eficiência relativa em comparação com os demais terminais estudados, 20,79%. Apesar de ser um terminal modesto em sua movimentação anual, trata-se de um terminal que nasceu grande, robusto, em relação aos demais terminais do mundo, mas operacionalmente ainda está tímido, isto é, com uma movimentação anual abaixo do maior terminal de contêineres do Brasil, Terminal Santos Brasil, apesar de ter um comprimento de berço, de grande monta, uma excelente área de retro-porto e um número de equipamentos maior que todos os terminais brasileiros. Neste terminal atracam navios de até 9200 TEUs, como MSC Pámela construído pelo estaleiro Samsung Heavy Industries, sendo hoje o maior navio-containeiro do mundo.

Por último em eficiência relativa, se encontra o Tecon do porto de Suape, com 17,06%. A análise sugere que o terminal, relembrando que na situação atual, diminuí-se em 11,35% a

área de retro-porto atingiria uma movimentação anual de contêineres de 1.049.763 TEUs em contra partida dos 179.108 TEUs, movimentados e 2005.

6 Conclusão

Segundo Gattoufi *et al*. (2004) existem mais de 1800 artigos publicados em mais de 490 jornais de renome que citam a DEA. Já com relação a bibliografia referente a portos e terminais, no Brasil, existem apenas o trabalho de Rios e Maçada (2003) e Rios *et al* (2004).

Na análise dos resultados mostrado neste estudo, que dos 12 terminais de contêineres estudados, 8 obtiveram uma eficiência abaixo dos 100%, mostrando que a maioria deles possui uma infra-estrutura muito superior do que necessária para suportar o número de contêineres movimentados. Pode observar, que os terminais mais eficientes, ou seja, com a eficiência relativa de 100%, isso revela que estes terminais utilizam uma melhor combinação dos seus recursos, isto é, possuí a mínima quantidade de seus inputs, em contra partida do nível de TEUs que movimentaram em 2005.

A primeira constatação é que tendo em vista que a concentração dos terminais na região sudeste aumenta a competitividade entre os mesmo, ocasionando uma redução de contêineres movimentados e consequentemente uma ineficiência maior. A segunda constatação é com relação aos terminais internacionais, pois, estão todos muito próximos, mas o volume de contêineres é enorme, devido à industrialização das áreas de *hinterland* dos terminais, portanto, esta divisão de carga é mais amena, não alterando a eficiência dos terminais.

Visto estas duas constatações, são contraditórias, devem ser levados em considerações outros fatores que interagem diretamente no terminal portuário. Pode-se dizer que a operação

dos terminais é de suma importância, mas que a análise tem que ser mais abrangente, pois existem outros fatores que interferem diretamente na competitividade dos terminais, bem como, as linhas de longo curso e cabotagem, desejo do armador, o nível de industrialização do país, a relação entre exportação x importação entre outros.

Referência Bibliográfica

ALI, A. I.; SEIFORD, L. M. (1993) **The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis**, in H. Fried, C. A. K. Lovell and S. Schmidt (eds.), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications. Oxford: Oxford University Press*.

ASHAR, A. (1997). **Counting the Moves**, *Port Development International*, 13: **pp25-29**.

BADIN, N.T (1997). **Avaliação da produtividade de supermercados e seu benchmarking**. Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. (1984) **Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis**, *Management Science*, 30: **pp.1078-1092**.

BELLONI, J.A. (2000). **Uma Metodologia de avaliação da eficiência produtiva de Universidade Federais Brasileiras**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianápolis: UFSC.

BENDALL, H.; STENT, A. (1987) **On Measuring Cargo Handling Productivity.** *Maritime Policy and Management*, 14: **pp.337-343**.

CALMON, A (2001). **Portos Brasileiros**. *Revista Veja*, **pp. 130-131**.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES (1978). **Measuring efficiency of decision making units.** ***European Journal of Operational Research*** , vol. 1, **pp. 429-444**.

CHARNES, A.; COOPER, W. W. LEWIN, A.Y; SEIFORD, L.M. (1994).**Data Envelopmentr Analysis: theory, methodology and application**., *Boston: Kluwer Academic Publisher*.

CHARNES A,; HAAG S.; JASKA P.; SEMPLE J. (1992) **Sensitivity of efficiency classifications in the additive model of data envelopment analysis**. *International Journal of Systems Sciences*; 23(5): **pp.789–98**.

CHU X.H.; FIELDING G.J.; LAMAR B.W. (1992). **Measuring transit performance using data envelopment analysis. transportation** *Research Part A-Policy and Practice*; 26(3): **pp223–30**.

CULLINANE, K.; SONG, D.W.; WANG, T.F. (2004). **An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production Efficiency**. *Review of Network Economics* **Vol.3**, Issue 2 –June.

DE MONIE, G. (1987) **Measuring and Evaluating Port Performance and Productivity**, UNCTAD Monographs on Port Management No. 6 on Port Management, Geneva: UNCTAD.

DIRK S.; STEFAN V.; STAHLBOCK, R. (2004). **Container terminal operation and operations research – a classification and literature review**. *OR Spectrum* 26: **pp.3–49**

FARRELL, M. J. (1957). **The measurement of productive efficiency**. *Journal of the Royal Statistical Society*; 120(3): **pp.253–90**.

GATTOUFI, S.; ORAL, M.; REISMAN, A (2004). **Data envelopment analysis literature: a bibliography update (1951–2001)**. *Socio-Economic Planning Sciences* 38, **pp159–229**.

ITOH, H. (2002) **Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of DEA**, *Rurds*, **v. 14**, n. 2.

MARTINEZ-B. E.; DIAZ A. R.; NAVARRO I.M.; RAVELOMESA, T. (1999). **A study of the Efficiency of Spanish port authorities using Data Envelopment Analysis**, *International Journal of Transport Economics*, 1999, Vol. 26, N. 2, **pp. 237-253**.

NOVAES, A.G.N. (2001), "Rapid-transit efficiency analysis with the Assurance-Region DEA method". Pesquisa Operacional, vol. 21(2), pp. 179-197.

_____. (1997). **Benchmarking Rapid-Transit Services with Data Envelopment Analysis. Transactions**, VIII Chilean Congress on Transportation Engineering, Santiago, Chile, **pp.175-187**.

ODECK J.; HJALMARSSON L (1996). **Performance of trucks—an evaluation using data envelopment analysis**. *Transportation Planning and Technology* ;20(1): **pp.49–66**.

RIOS, L. R.; MAÇADA, A. C. G.(2003) **Modelo de decisão para o planejamento da capacidade nos terminais de *containers***. *Anais ENEGEP*. Ouro Preto.

RIOS, L.R.; MAÇADA, A.C.; BECKER, J. L.(2004). **Medindo a eficiência das operações dos terminais de containers brasileiros.** In: II Concurso Gaúcho de Artigos sobre Comércio Exterior, São Leopoldo. Anais II CGACE.

SAHA, A.; RAVISANKAR, T. S(200). **Rating of Indian commercial banks: a DEA approach**. *European Journal of Operational Research* , 124, **p. 187-203**.

TABERNACLE, J. B. (1995) **A Study of the Changes in Performance of Quayside Container Cranes**. *Maritime Policy and Management*, 22: **pp.115-124**.

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

TURNER, H. et al. (2004) **North American container port productivity**. *Transportation Research*, North-Holland, part E, v. 40, **p. 339-356**.

UNCTAD (2005). **Review of Maritime Transports, 2005: Special Chapter: Developments in Latin American and Caribbean trade and maritime transport**. ISBN: 92-1-112674-6. **pp.148.**

VALENTINE, V. F.; GRAY, R. (2001) **The Measurement of Port Efficiency Using Data Envelopment Analysis**, *Proceedings of the 9th World Conference on Transport* Research, Seoul, South Korea, 22-27 July.

WANG, T. F., SONG, D. W.; CULLINAME, K. (2002). **The applicability of DEA to efficiency measurement of container ports**. http://www.eclac.cl

YUN W. Y.; CHOI, Y. S. A. (1999) **Simulation model for container-terminal operation analysis using an object-oriented approach**. *International Journal of Production Economics*, 1999, **pp. 221-230**.

Sites consultados:

www.t-37.com.br
www.tecon.com.br
www.santosbrasil.com.br/
www.tcp.com.br
www.teconvi.com.br
www.wilsonsons.com.br/operacoes_ portuarias/tecon_salvador.asp
www.suape.pe.gov.br/estrutura_tecon.asp
www.cvrd.com.br/cvrd/cgi - Terminal de Vila Velha
www.jp.com.sg
www.hit.com.hk
www.modernterminals.com
www.singaporepsa.com/html/terminals/pasir_panjang.htm

Software:

www.banxia.com – Frontier Analysis.

O autor:

Fernando Munis Barretto Mac Dowell
COPPE/PEnO – Universidade Federal do Rio de Janeiro.