

Análise de Eficiência dos Portos Brasileiros utilizando a Técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA)

Cristina Maria Machim Acosta¹, Milton Luiz Paiva de Lima² & Ana Maria Volkmer de Azambuja da Silva

¹Mestranda do Curso de Engenharia Oceânica – FURG, Rio Grande, RS - cristinamachim@yahoo.com.br

²Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica – FURG, Rio Grande, RS - milton@dmc.furg.br

³Departamento de Matemática – FURG, Rio Grande, RS - dmtamva@furg.br

RESUMO:

Após a privatização dos serviços operados nos portos brasileiros, o governo federal, responsável pela administração e fiscalização dessas atividades, vem investindo em melhorias para o aumento na movimentação de cargas. Assim, é de interesse que se conheça quais os portos brasileiros vêm realizando esse serviço de forma mais eficiente. Esse estudo pretende aplicar uma técnica utilizada para medir eficiência, conhecida como Análise Envoltória de Dados (DEA). A aplicação dessa técnica permite que sejam comparados os diversos portos brasileiros e identificados aqueles que se mostram mais eficientes na operação desse serviço.

PALAVRAS-CHAVE: Análise envoltória de dados, eficiência, portos brasileiros.

1. INTRODUÇÃO

O primeiro porto explorado pela iniciativa privada no Brasil surgiu em 1888 através da Companhia Docas de Santos. Em 1975, foi criada a Empresa de Portos do Brasil S/A – PORTOBRAS, uma empresa do governo que tinha como objetivo centralizar atividades portuárias e fiscalizar as concessões estaduais e privadas.

No início de 1993, a Portobrás foi extinta. Esse processo culminou com a aprovação da Lei 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, conhecida como Lei de “Modernização dos Portos”. Através dessa lei praticamente todos os serviços e estruturas até então operados pelo governo (federal, estadual ou municipal) foram privatizados através de contratos ou arrendamentos, ficando o governo apenas com a administração e com o papel de Autoridade Portuária. Com a privatização dos serviços portuários, vários portos e terminais privados passaram a disputar as cargas.

Para que a modernização supracitada ocorra de forma efetiva, é necessário que os portos passem por melhorias em equipamentos e instalações, e sofram reformas na regulamentação de suas operações, como forma de aumentar a eficiência dos serviços e reduzir seus custos. Assim, é de extrema importância que se criem dispositivos que possam avaliar as condições operacionais com que os portos brasileiros vêm trabalhando, de forma a identificar aqueles que se mostram eficientes e verificar os padrões de práticas de operação adotadas.

A técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA) vem sendo muito utilizada em situações em que se quer comparar diversas unidades (nesse caso, os portos brasileiros) através de relações entre insumos e produtos.

2. JUSTIFICATIVA

O atual sistema portuário brasileiro é composto por nove Companhias Docas (oito públicas e uma privada) e por quatro concessões estaduais, existindo ainda mais quatro portos privados distribuídos ao longo da costa brasileira. Essas companhias administram os mais de 40 portos brasileiros.

Segundo Kappel [2], o governo federal através da “Agenda Portos” vem investindo na melhoria do escoamento da produção agrícola e industrial aprimorando o desempenho das exportações do País e das operações portuárias. Foram analisados e detectados problemas operacionais nos portos do Rio Grande (RS), Paranaguá (PR), Vitória (ES), Rio de Janeiro (RJ), Santos (SP), Itajaí (SC), São Francisco do Sul (SC), Sepetiba (RJ), Salvador (BA), Aratu (BA) e Itaqui (MA), que juntos respondem por 89% das exportações brasileiras. Os principais problemas detectados foram: a falta de dragagem, problemas de vias de acesso, congestionamentos de trens e caminhões, além de aspectos gerenciais. Em alguns portos, as medidas a serem implementadas para a resolução desses problemas dizem respeito à melhorias na operacionalização. Entre as soluções apontadas pela Agenda Portos estão: o alargamento ou duplicação das vias de acesso, reordenação do trânsito nas localidades próximas às zonas portuárias e novas rotas de ligação direta entre as rodovias e os terminais, pavimentação de ruas e construção de estacionamentos para se evitar filas na entrada dos portos. Ainda foram apontadas medidas administrativas como a integração dos sistemas de informações e a criação de centros administrativos únicos.

O desempenho operacional é condição fundamental para o sucesso da atividade portuária. Os navios cresceram de porte e a unitização ou consolidação das cargas soltas, passou a ser elemento crítico para dar velocidade ao embarque/desembarque das cargas. Os trabalhos portuários estão mais mecanizados e se percebe uma evolução em tecnologia, com uso de equipamentos mais potentes e velozes.

A atividade portuária pode ser resumida como um centro de negócios, que abrange diversos setores da economia, inclusive os de serviços. Assim, a atividade portuária pode ser considerada um aglomerado produtivo, cuja especialidade é a movimentação de mercadorias.

Importantes para o escoamento da produção brasileira, muitos portos, além de sofrerem pela falta de investimentos continuados, foram implantados em áreas urbanas, o que restringe sua expansão e, conseqüentemente, suas demandas.

Os portos brasileiros, na sua maioria, não acompanharam a evolução tecnológica dos meios marítimos que exigem águas cada vez mais profundas, exigindo investimentos em dragagem e derrocagem. Outro problema são as filas e congestionamentos que se formam nas áreas de influência dos portos durante os picos de escoamento da produção brasileira. Percebem-se necessidades de melhorias nos acessos rodoviários e ferroviários. Os portos necessitam de maior número de berços de atracação, instalações de grande capacidade e especializadas para movimentação de graneis e contêineres. O que se encontra muitas vezes, no sistema portuário nacional são portos adaptados ou improvisados à movimentação de contêineres, com sérios problemas de assoreamento, o que torna as mercadorias brasileiras menos competitivas no mercado externo.

Diante dos diversos problemas enfrentados e tendo os portos brasileiros papel fundamental no processo de movimentação de cargas de grande porte, é de interesse verificar como essas atividades vêm sendo realizadas e identificar exemplos de boas práticas.

3. OBJETIVOS

Nesse estudo pretende-se verificar como os portos brasileiros vêm realizando a movimentação de suas cargas e identificar aqueles que executam essa atividade de forma mais

eficiente. Para tal, será utilizada uma técnica denominada Análise Envoltória de Dados (DEA) que identifica unidades mais eficientes e aponta, para aquelas ineficientes, quais os insumos (ou produtos) que devem sofrer reduções (ou aumentos) para que atinjam a fronteira de eficiência.

4. ANÁLISE DE EFICIÊNCIA

De acordo com Farrell [1], quando se fala da eficiência de uma empresa, geralmente se refere ao seu grau de sucesso, no esforço de gerar uma determinada quantidade de produto, a partir de um determinado conjunto de insumos.

Segundo Lovell [3], a eficiência de uma unidade de produção resulta de comparação entre os valores observado e ótimo, em suas relações insumo-produto. A comparação se faz entre o produto observado e o máximo produto potencial alcançável para os insumos utilizados, ou a partir do insumo mínimo potencial necessário para produzir dado produto, e o insumo observado, ou, ainda, alguma combinação dos dois. Nessas comparações, mede-se a eficiência técnica, e o ótimo é definido em termos de possibilidades de produção.

Koopmans (1951) (*apud* Lovell [3]), define eficiência técnica dizendo que um produtor tecnicamente eficiente poderia produzir os mesmos produtos com menor quantidade de, pelo menos, um insumo, ou poderia usar os mesmos insumos para produzir maior quantidade de, pelo menos, um produto.

Assim, a eficiência técnica é a habilidade em produzir tanto produto quanto o uso dos insumos permite, ou usando o mínimo de insumos que viabiliza determinada produção.

Para ilustrar a eficiência técnica, considera-se o caso mais simples, onde existe somente um insumo e um produto, isto é, pode-se observar uma única relação insumo e produto, conforme esquematizado na figura 1. O conjunto de possibilidades de produção para uma empresa será definido pelo espaço que aquela relação permite cobrir. Assumindo que Z é a função de produção, o conjunto de possibilidades de produção é limitado superiormente pelos pontos que definem a função de produção (isto é, que delineiam a fronteira), e formado por estes pontos e todos aqueles que se situam abaixo da fronteira.

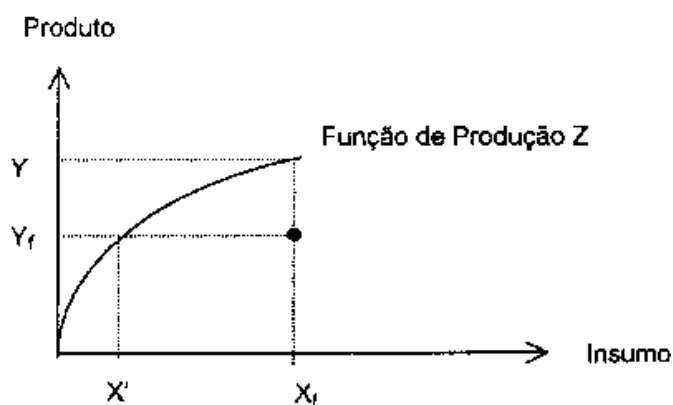


Figura 1: A Fronteira de Produção e a Eficiência Técnica

FONTE: Pearson [6]

5. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A Análise Envoltória de Dados é uma técnica não-paramétrica utilizada para definir a fronteira de produção (ou fronteira eficiente) e medir a eficiência relativa de uma unidade

observada em relação a esta fronteira. A função de produção estabelece a relação máxima entre produtos e insumos para um dado conjunto de possibilidades de produção. Uma característica importante das funções de produção é a forma como a produção atende a variações de escala. Existem três possibilidades:

- *Retornos Constantes de Escala*: a produção aumenta exatamente na mesma proporção dos insumos. As distâncias entre as isoquantas¹ são iguais (Figura 2).

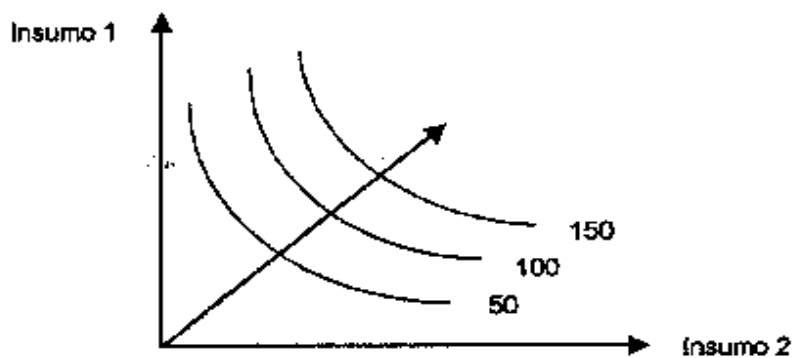


Figura 2 – Retornos Constantes de Escala
FONTE – Mansfield [4]

- *Retornos Crescentes de Escala*: a produção cresce numa proporção maior do que cada um dos insumos. As isoquantas, a partir da origem, tornam-se cada vez mais próximas (Figura 3).

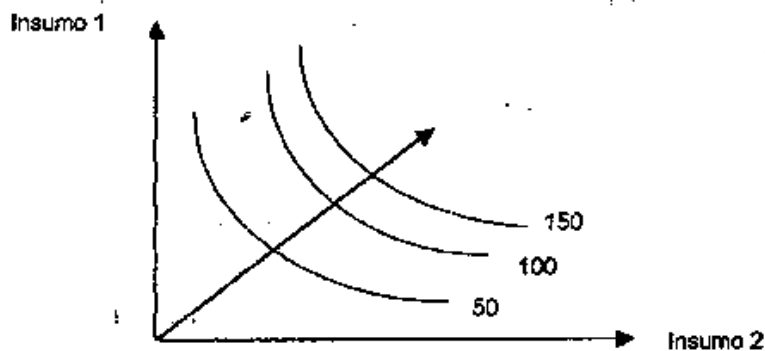


Figura 3– Retornos Crescentes de Escala
FONTE – Mansfield [4]

¹ isoquanta é uma curva que mostra todas as combinações possíveis (eficientes) de insumos, capazes de produzir dada quantidade de produto.

- *Retornos Decrescentes de Escala*: a produção cresce numa proporção menor do que um dos insumos. As isoquantas tornam-se, sucessivamente, mais afastadas a partir da origem (Figura 4).

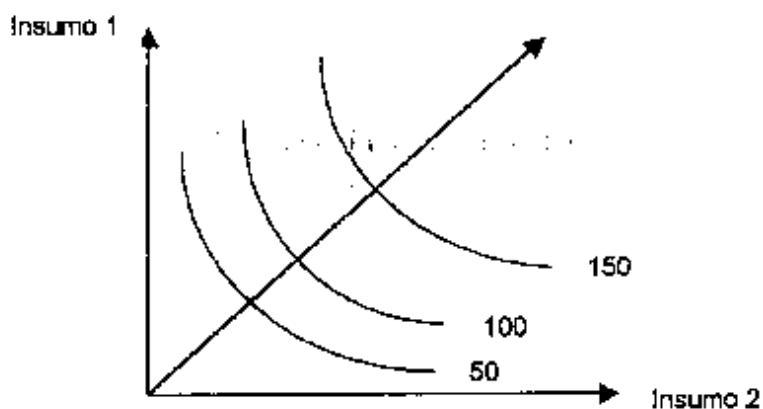


Figura 4– Retornos Decrescentes de Escala
FONTE – Mansfield [4]

Na abordagem não paramétrica não são feitas suposições sobre a forma da função de produção.

A Análise Envoltória de Dados (DEA) é um processo de fronteira, que define uma superfície linear por partes que se apóia sobre as observações que ficam no topo. Faz parte do conjunto de referência (fronteira) toda unidade que alcança a máxima relação produto/insumo; a eficiência é então calculada comparando a relação observada em cada unidade com aquele máximo. A técnica DEA atribui um escore de eficiência menor do que um para unidades ineficientes. Um escore menor do que um significa que uma combinação linear de outras unidades da amostra poderia produzir o mesmo vetor de produtos, usando um vetor que represente menor consumo de insumos (orientação para insumo), ou maior quantidade de produtos com as mesmas quantias de insumo (orientação para produto). O escore reflete a distância da fronteira de produção estimada até a unidade que está sendo avaliada.

A técnica DEA gera como resultado uma superfície envoltória identificando unidades eficientes e ineficientes, uma medida de eficiência para cada unidade (a distância da fronteira, a fonte e o grau de ineficiência), uma projeção da unidade sobre a fronteira e um conjunto-referência (unidades eficientes que servem de exemplo para aquelas ineficientes).

A geometria da superfície envoltória depende do modelo DEA empregado. As diferentes formulações são representadas por um par de problemas de programação linear, que diferem, fundamentalmente, quanto ao tipo de orientação (direção da projeção da fronteira) e quanto à suposição sobre o retorno de escala exibido pela tecnologia de produção. Esses podem ser:

- *Modelo Aditivo*: nesse modelo as unidades ineficientes são projetadas na fronteira eficiente sofrendo, simultaneamente, redução nos insumos e aumento nos produtos.
- *Modelo Multiplicativo*: este modelo resulta da aplicação de logaritmos aos valores originais do Modelo Aditivo, resultando novamente, em redução de insumos e aumento de produtos para que uma unidade ineficiente alcance a fronteira de eficiência.
- *Modelos Orientados*: na orientação para o insumo o enfoque está na redução de insumos, enquanto que a orientação para o produto concentra-se sobre o aumento do produto. Logo as projeções dos pontos observados sobre a fronteira diferem de acordo com a orientação.

6. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Nesse estudo pretende-se comparar os diversos portos brasileiros, medindo sua eficiência técnica através de Análise Envoltória de Dados. Para tal, será construído um índice de eficiência a partir dos diversos insumos e produtos disponíveis para essa avaliação.

Pretende-se utilizar, para a definição do melhor modelo que represente a eficiência técnica em portos brasileiros, aquele sugerido por Norman & Stoker [5]. Este método verifica a correlação entre todas as variáveis. A seguir, escolhem-se duas variáveis com alta correlação, cada uma representando, respectivamente, um produto e um insumo. Identifica-se o primeiro quociente de produtividade, dividindo a quantidade de produto pela quantidade de insumo, para cada unidade analisada. Este é o primeiro índice de eficiência, conforme mostrado na equação abaixo:

$$Eficiência = \frac{Produto}{Insumo} \quad (1)$$

A partir deste índice, são identificadas novas correlações, introduzindo-se, gradativamente, novas variáveis. A introdução da terceira variável, que pode ser um insumo ou um produto, se dá por escolha entre aquelas que apresentam correlação alta com o primeiro índice. Esta terceira variável será incluída no primeiro índice de eficiência, gerando novo índice. Caso seja um insumo, a variável será incluída no denominador; se for um produto, será incluída no numerador. Mede-se, então, a eficiência das unidades com base neste novo índice e realiza-se, a seguir, nova análise de correlação entre todas as variáveis remanescentes e o índice de eficiência. Identifica-se outra variável fortemente correlacionada com este índice, que possa ser incluída no modelo. O processo se repete até que não se encontrem mais correlações altas entre o índice de eficiência e as demais variáveis testadas e a inclusão de novas variáveis não leve a escores de eficiência mais altos.

Para a determinação da eficiência técnica dos portos brasileiros, até o momento foram levantadas as seguintes variáveis que poderão ser testadas para comporem o índice de eficiência técnica.

- *Insumos*: dimensão do porto (m²), canal de acesso (m²), número de cais, número de berços, área (m²) de instalações (galpões, armazéns, áreas abertas e cobertas) e quantidade de equipamentos (descarregadores de navios, balanças rodoviárias, guindastes, empilhadeiras, carregadores de navios e rebocadores).
- *Produtos*: tipos e quantidades de cargas movimentadas (granéis sólidos e líquidos, carga geral e aquelas que utilizam contêineres).

Com o intuito de aproveitar a estrutura já existente nos diversos portos em relação aos berços de atracação, equipamentos, armazéns, etc, o modelo orientado para produto deve ser proposto. Isso significa que aqueles portos que se mostrarem ineficientes devem tentar aumentar a sua produção (captando mais cargas), considerando todos os insumos disponíveis.

7. CONCLUSÕES

Os desafios atuais nos portos brasileiros estão reservados ao aumento do Comércio Exterior, como um dos instrumentos para viabilizar o desenvolvimento econômico e social do País, e para isto é primordial o aperfeiçoamento da qualidade nas operações, em equipamentos

e estrutura física. Uma forma de alcançar esse objetivo é criar instrumentos capazes de medir a qualidade do sistema.

A técnica de Análise Envoltória de Dados pode contribuir nesse processo identificando exemplos de boas práticas e apontando onde devem ser realizados maiores investimentos como forma de aumentar a eficiência técnica geral do sistema.

REFERÊNCIAS

1. FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, series A*, v.120, part III, p. 253 – 281, 1957.
2. KAPPEL, Raimundo F. *Portos Brasileiros*, Novo desafio para a Sociedade, Brasília. Assessor do Ministério do Trabalho e Emprego. www.reacao.com.br/programa, 2004.
3. LOVELL, C. A. Knox. Production frontiers and productive efficiency. In: FRIED, Harold O., LOVELL, C. A. Knox, SCHMIDT, Shelton S. *The Measurement of Productive Efficiency - Techniques and Applications*. Oxford, 1993, 423p. p. 3 -67.
4. MANSFIELD, E. *Microeconomia: teoria e aplicações*. São Paulo, 1980, Campus Ltda, 2ª edição, 466p.
5. NORMAN, Michael & STOKER, Barry. *Data Envelopment Analysis - The Assessment of Performance*. England, 1991, John Wiley & Sons Ltd., 256p.
6. PEARSON, Kate. *Data envelopment analysis: an explanation*. Bureaus of Industry Economics (Working Paper), Canberra, 1993, nº 83, p.1 – 44.