

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA OCEÂNICA**

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE  
EFICIÊNCIA EM TERMINAIS DE CONTÊINERES BRASILEIROS**

**MAIQUEL SCHMIDT DE OLIVEIRA**

Dissertação apresentada à Comissão de Curso de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Oceânica.

Orientadora: Ana Maria Volkmer de Azambuja, Dr<sup>a</sup>.

Co-orientador: Milton Luiz Paiva de Lima, Dr.

Rio Grande, janeiro de 2013.

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE  
EFICIÊNCIA EM TERMINAIS DE CONTÊINERES BRASILEIROS**

À minha mãe, pela incansável dedicação, carinho e apoio.

## **AGRADECIMENTOS**

## RESUMO

A produção de um país depende, além da boa relação com outras nações, da sua eficiência logística. Para o crescimento econômico que se desenha para o Brasil é necessária uma logística adequada para escoar os produtos e, dessa forma, aumentar a competitividade com o exterior e a produtividade do país. Considerando que atualmente em torno de 70% das cargas transportadas utilizam contêineres, é de interesse verificar a eficiência das operações em terminais de contêineres como formar de torná-los mais competitivos a nível mundial. Para tal, aplicou-se a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA). Utilizou-se o modelo BCC orientado para produto para construir um escore de eficiência a partir dos insumos e produtos relevantes no processo de movimentação das cargas, focando a questão da acessibilidade aos terminais de contêineres. De posse desse índice foi analisada a eficiência nos terminais de contêineres no ano de 2011. Ainda, verificou-se a eficiência desses terminais no período de 2004 a 2011 utilizando o modelo de Análise de Janelas (*Window Analysis*). Com a aplicação do modelo BCC os terminais Tecon Santos (SP) e Multi Rio (RJ) apresentaram eficiência nas suas operações. Através da Análise de Janelas verificou-se que o Tecon Santos (SP) se manteve eficiente em todo o período analisado, sendo que os terminais Tecon Rio Grande (RS), TECONVI (SC), Libra Santos (SP), Tecon Vila do Conde (SP), Tecon Suape (PE), TCP (PR), Multi Rio (RJ) e Libra Rio (RJ) apresentaram eficiência somente em alguns períodos. A eficiência do Tecon Santos (SP) pode ser atribuída ao fato desse terminal ser o maior do país em movimentação. Em 2011, esse terminal chegou a realizar 80 mph (movimentos por hora) estabelecendo um novo padrão de produtividade na América do Sul, o que o coloca em patamar semelhante aos melhores terminais europeus.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados, eficiência, modelo BCC, modelo de Análise de Janelas, terminais de contêineres brasileiros.

## **ABSTRACT**

The production of a country depends on a logistic efficiency and a good relationship with other nations. It is required an adequate logistics to transport the product for the economic growth that is designed to Brazil. For this, it increases the competitiveness and productivity with the foreign countries. Whereas currently around 70% of transported shipment using containers. It is interesting to examine the efficiency of operations in container terminals as to make them more globally competitive. Due to, it applied the technique of Data Envelopment Analysis (DEA). It used the product-oriented BCC model to construct an efficiency score from the relevant inputs and outputs in the process of moving shipment that it is focused on the issue of accessibility to container terminals. According to this rate, it was analyzed the efficiency in container terminals in 2011. Still, it was examined the efficiency of these terminals in the period 2004 to 2011 using the model of Window Analysis. By the application of the model BCC terminals Tecon Santos (SP) and Multi Rio (RJ) showed efficiency in their operations. Through the Windows Analysis found that Tecon Santos (SP) remained effective throughout the period analyzed, and that terminals Tecon Rio Grande (RS), Teconvi (SC), Libra Santos (SP), Vila do Conde Tecon (SP), Tecon Suape (PE), TCP (PR), Multi Rio (RJ) and Libra Rio (RJ) were efficient only in some periods. The efficiency of Tecon Santos (SP) can be attributed to the fact that this terminal is the largest movement in the country. In 2011, this terminal has a perform of 80 mph (movements per hour) setting a new standard for productivity in South America which places a similar level to top European terminals.

**Keywords:** Data Envelopment Analysis, efficiency, model BCC, model of Window Analysis, Brazilian container terminals.

## SUMÁRIO

LISTA DE SÍMBOLOS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS.....	12
LISTA DE TABELAS.....	13
LISTA DE FIGURAS.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 JUSTIFICATIVA.....	17
1.2 OBJETIVOS.....	18
1.2.1 Objetivo geral.....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2. COMPLEXOS PORTUÁRIOS BRASILEIROS.....	20
2.1 PORTOS E A INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA.....	20
2.2 BREVE HISTÓRICO DOS PORTOS BRASILEIROS.....	21

2.3 OS IMPACTOS DA LEI DE MODERNIZAÇÃO DOS PORTOS.....	22
2.4 OS PORTOS BRASILEIROS E O COMÉRCIO INTERNACIONAL.....	24
 <b>3. A EFICIÊNCIA NO SETOR PORTUÁRIO E OS TERMINAIS DE CONTEINERES.....</b>	 <b>26</b>
3.1 MODAIS DE TRANSPORTE.....	27
3.1.1 Modal ferroviário.....	28
3.1.2 Modal rodoviário.....	28
3.1.3Modal fluvial.....	29
3.1.4 Modal Marítimo.....	29
3.2 TIPOS DE CARGAS.....	30
3.2.1 A Carga Geral Solta.....	30
3.2.2 Os Granéis.....	30
3.2.3 Os Neogranéis.....	30
3.2.4 Unitização das Cargas.....	31
<b>3.3 CONTEINÊRES.....</b>	<b>31</b>
3.3.1 Surgimento dos contêineres.....	32
3.3.2 Definição e caracterização dos contêineres.....	33
3.3.3 Tipos de material.....	35
3.3.4 Dimensões.....	35
3.3.5 Peso e capacidade.....	36
3.3.6 Tipos de contêineres.....	36
3.3.7 Vantagens do Uso de Contêineres na movimentação de cargas.....	38
 <b>4. PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA.....</b>	 <b>40</b>
4.1 PRODUTIVIDADE.....	40



4.2 EFICIÊNCIA.....	42
4.3 RETORNOS DE ESCALA UTILIZANDO ISOQUANTAS.....	44
4.4 BENCHMARKING.....	47

## 5 TÉCNICAS PARAMÉTRICAS E NÃO-PARAMÉTRICAS PARA MEDIR EFICIÊNCIA..... 48

5.1 TÉCNICAS PARAMÉTRICAS.....	48
5.1.1 Modelos com fronteiras determinísticos.....	49
5.1.2 Modelos com fronteiras estocásticas.....	50
5.2 TÉCNICAS NÃO PARAMÉTRICAS.....	51
5.2 .1 Análise Envoltória de Dados (DEA).....	51
5.2.1.1 Modelos de DEA.....	53
5.2.1.1.1 Modelo Aditivo.....	56
5.2.1.1.2 Modelos Orientados.....	57
5.2.1.1.2.1 Modelo Orientado para Insumo.....	58
5.2.1.1.2.2 Modelo Orientado para Produto.....	60
5.2.1.1.3 Análise de janela ( <i>Window Analysis</i> ).....	63
5.2.1.2 Restrições nos pesos.....	65
5.2.1.2.1 Método de Regiões de Segurança (Assurance Region Method – AR).....	68
5.2.1.3 Aplicações da técnica DEA no setor portuário brasileiro.....	68
5.2.1.4 Aplicações da técnica DEA no setor portuário em um contexto mundial.....	69

## 6. ANÁLISE DOS DADOS..... 71

6.1 ANÁLISE DE JANELAS.....	71
6.2 CARACTERIZAÇÃO DOS TERMINAIS DE CONTEINERES QUE SE MOSTRARAM EFICIENTES.....	86

7. CONCLUSÕES.....	89
ANEXOS.....	91
ANEXO A.....	
ANEXO B.....	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104

## LISTA DE SÍMBOLOS

$P$  = produtividade atual da empresa

$P_{\text{máx}}$  = produtividade máxima que a empresa poderia alcançar

$y_j$  é o produto gerado

$x_j$  é o vetor de “m” insumos usados pelo produtor “j”

$\beta$  é o vetor de parâmetros da tecnologia a ser estimado

$f(x_j, \beta)$  é a função de produção

$ET_j$  é a eficiência técnica orientada para produto do produtor “j”

$y$  é o produto;  $x$  é o insumo

$s_r$  é a folga do produto

$e_i$  é a folga do insumo

$\mu_r$  é o peso do produto

$v_i$  é o peso do insumo

$\varpi$  é o intercepto

$\lambda$  é a convexidade

$\varepsilon$  é a constante infinitesimal não arquimediana

$X$  é o vetor de insumos

$\mu$  indica peso(s) do(s) produto(s)

$v$  indica peso(s) do(s) insumo(s)

$L_{1,2}$  limites inferior  $v_1$  e  $v_2$  são os pesos dos insumos

$U_{1,2}$  limites superior

$v_1$  e  $v_2$  são os pesos dos insumos

$\Theta$  redução proporcional de insumos

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

AEB - Associação de Comércio Exterior do Brasil  
OCDE - Cooperação e Desenvolvimento Econômico  
PIB - Produto Interno Bruto  
PORTOBRÁS - Empresa de Portos do Brasil S/A  
CAPs - Conselhos de Autoridade Portuária  
OGMO - Órgão Gestor de Mão-de-Obra  
LPI – Logistical Performance Index  
ISO - International Organization for Standardization  
TEU - Twenty Feet Equivalent Unit  
FEU - Forty Feet Equivalent Unit  
BIC - Bureau International of Containers  
DEA – Análise Envoltória de Dados  
UTD - Unidade de Tomada de Decisão  
CCR – Charles, Cooper e Rhodes  
BCC – Banker, Charnes e Cooper  
AR - Assurance Region Method

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Dimensões Típicas de Contêineres (padrão ISO).....	35
Tabela 3.2 – Dimensões Típicas de Contêineres (padrão não ISO).....	36
Tabela 5.1 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual para o Modelo Aditivo com Retornos de Escala Variáveis.....	56
Tabela 5.2 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual para o Modelo Aditivo com Retornos de Escala Constantes.....	57
Tabela 5.3 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com orientação para Insumo com Retornos de Escala Constantes.....	58
Tabela 5.4 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com orientação para Insumo com Retornos de Escala Variáveis.....	59
Tabela 5.5 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com Orientação para Produto com Retornos de Escala Constantes.....	61
Tabela 5.6 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com orientação para Produto com Retornos de Escala Variáveis.....	61
Tabela 5.7. – Problema de Programação Linear para o Modelo de Janelas para retornos constantes.....	63
Tabela 5.8 Problema de Programação Linear para o Modelo de Janelas para retornos variáveis.....	64
Tabela 5.9 – Estudos realizados no setor portuário no mundo aplicando DEA.....	68
Tabela 6.1. Escores de Eficiência para os terminais considerando os insumos “Nº de Berços” e “Nº de Acessos” e o produto “Movimentação de Contêineres”.....	71
Tabela 6.2 Estatísticas das Variáveis incluídas no Índice de Eficiência escolhido.....	72
Tabela 6.3 Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis para o escore EF2.....	73
Tabela 6.4 Escores de Eficiência para os terminais considerando os insumos “Nº de Berços” e “Nº de Acessos” e o produto “Movimentação de Contêineres” impondo restrições nos pesos.....	74

Tabela 6.5 Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo de Eficiência e os respectivos Terminais que atribuíram maior e menor peso a cada variável, após a imposição de restrições nos pesos.....	75
Tabela 6.6 – Frequência com que os terminais eficientes aparecem como referência para aqueles ineficientes.....	76
Tabela 6.7 Percentual de contribuição de cada terminal eficiente para aqueles ineficientes...	76
Tabela 6.8 Folgas Residuais para os Insumos “Número de berços” e “Número de Acessos” e Proporcional para o Produto “Movimentação de Contêineres” .....	77
Tabela 6.9 Retornos de Escala para os terminais de contêineres analisados.....	80
Tabela 6.10 Resultados obtidos através da Análise de Janelas.....	81

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 Eficiência técnica.....	43
Figura 4.2 Eficiência alocativa.....	44
Figura 4.3 Retornos Constantes de Escala.....	45
Figura 4.4 Retornos Crescentes de Escala.....	46
Figura 4.5 Retornos Decrescentes de Escala.....	46
Figura 5.1 Fronteira de Produção.....	53
Figura 5.2 Fronteira de Produção para o Modelo CCR.....	54
Figura 5.3 Fronteira de Produção para o Modelo BCC.....	55
Figura 5.4 Fronteira de Produção para o Modelo BCC com orientação para insumo.....	60
Figura 5.5 Fronteira de Produção para o Modelo BCC com orientação para produto.....	62
Figura 6.1 Variação nos escores de eficiência ao longo das janelas.....	85

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de um país depende, além da boa relação com outras nações, da sua eficiência logística. Para o crescimento econômico que se desenha para o Brasil é necessária uma logística adequada para escoar os produtos e, dessa forma, aumentar a competitividade com o exterior e a produtividade do país.

Os portos brasileiros são considerados a principal porta de entrada e saída de produtos.

De acordo com Soares (2000) um porto é uma área, abrigada das ondas e correntes, localizado a beira de um oceano, mar, lago ou rio, destinado ao atracamento de barcos e navios, e com pessoal e serviços necessários à carga, descarga e estoque temporário de mercadorias.

Um terminal de contêiner pode ser denominado como um local especializado no armazenamento e movimentação de contêineres, ou ainda, como o local onde os contentores de carga são transbordados entre os veículos de transporte. O transbordo é feito entre navios e veículos terrestres como caminhões e trens.

Nos últimos anos, principalmente após a promulgação da Lei 8.630/93 - *Lei de Modernização dos Portos*, os portos brasileiros vêm sofrendo profundas alterações, tanto em infraestrutura como na regulamentação. A partir dessa Lei, os portos passaram a trabalhar na redução de custos e tempo de atracação, com o intuito de se tornarem competitivos em cenários internacionais.

No que se refere à infraestrutura, fatores como extensão de cais, profundidade do canal, área de armazenagem, acessos, entre outros, tem sido avaliados, como forma de melhorarem suas performances. Essas avaliações auxiliam nas tomadas de decisão sobre possíveis investimentos que se mostrem necessários para melhoria na qualidade dos serviços portuários.

Segundo Brito (2010), há cerca de dez anos, apenas 30% das cargas eram transportadas em contêineres; hoje, essa participação ultrapassa os 70%. Assim, é de interesse que se verifique quais terminais de contêineres vem desempenhando, de forma mais eficiente, o seu papel dentro dessa cadeia logística, pois esses poderão servir de referência para os demais. Para tal, será aplicada uma metodologia conhecida como Análise Envoltória de



Dados, que constrói um escore de eficiência - a partir das variáveis que se mostram mais importantes nesse processo - possibilitando a comparação entre esses terminais.

Essa análise auxiliará na tomada de decisão sobre as variáveis que deverão ser otimizadas, como forma de aumentar a eficiência de cada terminal.

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

O transporte de cargas por contêineres é uma tendência mundial e segue numa crescente no Brasil. Segundo Rios e Maçada (2006), aproximadamente 95% do comércio exterior brasileiro é realizado por via marítima, principalmente por contêineres.

Ambrosino, Sciomachen e Tanfani (2004) apontam que o gerenciamento das operações em um terminal de contêineres é um processo complexo envolvendo muitas decisões, devido aos variados recursos abrangidos nas operações.

Segundo Wanke (2009), tem sido exigido das autoridades portuárias melhorias na eficiência dos portos, de modo que seus serviços sejam competitivos em termos internacionais e também para sustentar um desenvolvimento econômico baseado no comércio internacional.

Um dos fatores que pode estar afetando a qualidade dos serviços realizados em terminais de contêineres é a acessibilidade a esses terminais. O Brasil necessita de investimentos na acessibilidade aos seus portos. Esses investimentos vão desde melhorias em hidrovias interiores até a construção de acessos terrestres como ferrovias e rodovias. O Brasil, segundo Vilaça (2011), possui apenas 29 mil quilômetros de malha ferroviária, sendo que desses, 4 mil quilômetros estão em situação precária. Vilaça (2011) afirma ainda, que o Brasil necessita de mais 52 mil quilômetros de ferrovias para atender a demanda de escoamento de cargas no país e que esse patamar só será atingido entre os anos de 2025 e 2030. No ano de 2010, passou pelas ferrovias brasileiras 455 milhões de toneladas de cargas em geral, o que corresponde a 25% de todas as cargas movimentadas no território nacional.

O governo implantou um projeto visando melhorar a situação dos acessos. Trata-se do Plano Nacional de Logística e Transporte (PNLT), que visa ampliar as malhas rodoviárias e ferroviárias. Esse plano objetiva aumentar em 12 mil quilômetros a extensão das ferrovias.

Segundo Wanke (2009) o entendimento dos principais fatores determinantes da produtividade nos terminais de contêineres também pode ajudar nesse planejamento. O autor

comenta que oportunidades para privatização e a busca por acesso ferroviário são elementos que podem contribuir para um retorno mais rápido sobre os investimentos realizados.

Assim, pretende-se verificar os recursos disponíveis em cada terminal de contêineres e medir sua eficiência operacional, como forma de identificar quais terminais necessitam de investimentos para se tornarem mais competitivos a nível mundial.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Avaliar o desempenho de terminais de contêineres brasileiros, apontando os que apresentam as melhores performances e os principais problemas operacionais enfrentados pelos mesmos.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Como objetivos específicos podem-se citar:

- Identificar as variáveis mais importantes no processo de movimentação de contêineres em seus terminais;
- Construir um índice capaz de medir a eficiência técnica, incluindo aqueles insumos e produtos mais relevantes no contexto portuário;
- Verificar quais terminais de contêineres se mostram mais eficientes em relação aos terminais analisados, referente à otimização de seus recursos para a movimentação de sua carga;

- De posse desse *benchmarking* (exemplos de boas práticas) apontar, para aqueles terminais ineficientes, quais insumos e/ou produtos se mostram com folgas e que devem ser otimizados para que os mesmos atinjam a fronteira de eficiência;
- Realizar uma análise temporal da eficiência dos terminais de contêineres incluídos no estudo, no período de 2004 a 2011, utilizando o modelo de Análise de Janelas.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado da seguinte forma:

O Capítulo 2 descreve o problema objeto da pesquisa detalhando a situação atual dos portos e sua importância no desenvolvimento do Brasil.

No Capítulo 3 serão comentadas questões referentes à logística, os modais de transporte e os diferentes tipos de carga, focando naquelas que utilizam contêineres para o seu transporte, pois esta é a carga determinante neste estudo.

O capítulo 4 abordará os conceitos de produtividade e eficiência para, posteriormente, descrever a técnica utilizada no estudo.

O capítulo 5 apresentará técnicas paramétricas e não paramétricas que podem ser utilizadas para medir eficiência e uma descrição sobre o método que será utilizado na análise dos dados, conhecido como Análise Envoltória de Dados.

O Capítulo 6 apresenta a análise dos dados e a caracterização dos terminais eficientes.

O Capítulo 7 destaca as principais conclusões.

## **2. COMPLEXOS PORTUÁRIOS BRASILEIROS**

### **2.1 PORTOS E A INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA**

Como já mencionado, um porto é uma área destinada ao atracamento de barcos e navios, que oferece estrutura de pessoal, serviços e instalações necessários à carga, descarga e estoque temporário de mercadorias e, em alguns casos, terminais especialmente designados para determinadas cargas.

As condições das zonas de entrada e abrigo (calado, largura, orientação), as zonas de manobra e fundeio (calado, abrigo, bacia de evolução, fundeadoiro), as obras marítimas interiores (dársenas - espaço n'água abrigado, onde se instala uma marina com seus equipamentos operacionais e com profundidade adequada à acostagem de embarcações, berços de atracação, molhes, atracadouros, canais, eclusas) e instalações específicas de um porto, dependem do tipo de navio a ser atendido, e estes navios ainda determinam as características de guindastes, equipamentos de carga e descarga e a infraestrutura terrestre (esplanadas - terrenos plano, largo e extenso, armazéns e infraestrutura de estradas e ferrovias). Outros serviços que também devem estar disponíveis às embarcações são: rebocadores, praticagem, fornecimento de combustíveis, água, energia elétrica, materiais de consumo a bordo e consertos (Rodríguez, 2001).

Para alguns autores a infraestrutura de um complexo portuário não depende somente de seu interior (canais de acesso, por exemplo), mas também da sua logística e de sua estrutura exterior como, por exemplo, os acessos rodoviários, levando a diferentes definições.

Segundo Lacerda (2005), a infraestrutura portuária é formada pelos ativos fixos que realizam a movimentação de cargas entre os navios e os modais terrestres (vias ferroviárias, rodoviárias, dutos e correias transportadoras), formado pelos pátios dos terminais de embarque, desembarque de cargas e de passageiros e pátios das áreas de armazenagem. Ainda, compõe a infraestrutura os canais de acesso aos portos, bacias de evolução, quebra-mares e berços de atracação. Os equipamentos para movimentação e armazenagem de mercadorias, tais como guindastes, esteiras e armazéns, são a superestrutura portuária. A maior parte da superestrutura portuária no Brasil é operada por empresas privadas.

Schoeler (2000) também define infraestrutura para o transporte marítimo como área formada por portos e terminais, estruturados com equipamentos de carga e descarga de mercadorias, contendo armazéns para estocagem e retroporto (estrutura necessária para a saída ou chegada de mercadorias na área portuária envolvendo as vias de acesso rodoferroviárias, aquaviárias ou aéreas).

Manteli (2005) observa que, com relação aos avanços dos portos, a infraestrutura de transportes no Brasil é deficiente e onerosa. Segundo dados disponíveis da Associação de Comércio Exterior do Brasil (AEB):

- a) *“Os países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) dependem, em média, 11% do Produto Interno Bruto (PIB) com os custos de logística, contra cerca de 20% no Brasil”;*
- b) *“Os custos de logística do setor industrial latino-americano correspondem à, aproximadamente, 35% dos custos operacionais, enquanto nos países da OCDE são cerca de 20%”;*
- c) *“Os estoques de produtos acabados e de matérias-primas se situam, respectivamente, em torno de 200% e 300% acima dos níveis dos Estados Unidos”.*

Pode-se perceber que todos os autores apontam os acessos terrestres e hidroviários como parte da infraestrutura portuária. Assim o número de acessos disponíveis pode ser um fator importante para a eficiência portuária. Esse fator será avaliado posteriormente na construção do escore de eficiência.

## 2.2 BREVE HISTÓRICO DOS PORTOS BRASILEIROS

Os portos, desde o início das grandes navegações, são relevantes na economia de qualquer país. Ao longo da história, à medida que as economias, inclusive das colônias, foram se desenvolvendo, os portos localizados nos litorais funcionaram como portas para escoar e injetar mercadorias nos mercados externos.

No Brasil, a *“Abertura dos Portos às Nações Amigas”*, empreendida por D. João VI e decretada em 28 de janeiro de 1808, foi um fato histórico que marcou o desenvolvimento dos portos. A partir desse momento, o Brasil passou a fazer parte do sistema econômico

internacional com a exportação de madeira, ouro e outras riquezas naturais, bem como com a importação de produtos manufaturados, especiarias para a nobreza e o tráfico de escravos da África (Kappel, 2004).

Em 1846, surgiu a Companhia de Estabelecimento da Ponta da Areia, no porto de Niterói, de onde partiram os primeiros navios destinados à cabotagem (navegação costeira feita em águas de um país (Leal, 1991)) e as primeiras linhas para América do Norte e Europa.

Em 1869, logo após a inauguração da ferrovia “São Paulo Railway”, próxima de Santos, o governo imperial elaborou a primeira lei de concessão à exploração de portos pela iniciativa privada, vindo a facilitar a exportação do café. Com a proclamação da República, aquelas decisões se generalizaram no país e as administrações dos portos foram privatizadas.

Em 1934 os portos passaram a ser tratados como fatores de desenvolvimento econômico, voltando ao controle do Estado e, em 1964, passaram a ser considerados área de segurança.

Em 1975 foi criada a Empresa de Portos do Brasil S/A – PORTOBRÁS. Tratava-se de uma “holding” (empresa que participa e controla um grupo de empresas, se utilizando de sua estrutura econômico-financeira) que representava o interesse do governo em centralizar atividades portuárias. A PORTOBRÁS explorava os portos através de subsidiárias (as Companhias Docas) e assumia também a fiscalização das concessões estaduais dos terminais privativos, o que aumentou muito a burocracia, gerando ineficiências e retardos no desenvolvimento portuário (Acosta, 2008).

Porém, o grande marco ocorreu em 1993 com a crise do sistema portuário brasileiro, que gerou o fechamento da PORTOBRÁS. Esse processo culminou com a aprovação da lei 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, denominada de *Lei de Modernização dos Portos*.

## 2.3 OS IMPACTOS DA LEI DE MODERNIZAÇÃO DOS PORTOS

A atividade portuária sofreu profundas mudanças depois de decretada a Lei nº 8.630/93 de Modernização dos Portos, que mudou por completo sua estrutura no que diz respeito a investimentos, tecnologia, relações trabalhistas e produtividade (Ervilha, 2006).

No período anterior a 1993 havia duas situações bem distintas no sistema portuário brasileiro.

A primeira situação diz respeito à carga geral, movimentada em contêineres, *pallets* etc. Os portos eram estatais, controlados pela PORTOBRÁS – Empresa Portos do Brasil S.A. – e, de forma indireta, pelas Companhias Docas. O sistema portuário de carga geral caracterizava-se pelo controle das tarifas portuárias, pelo monopólio dos sindicatos sobre o fornecimento de mão-de-obra avulsa, pela obsolescência dos equipamentos e falta de investimentos em infraestrutura, pelo elevado tempo de espera para atracação e de permanência das embarcações no porto. Como consequência, os portos públicos apresentavam baixo índice de produtividade, assim como altos custos de operação, principalmente em relação à estiva e aos custos de oportunidade relativos à imobilização de navios. A reversão desta situação exigia volumosos recursos e uma nova configuração institucional e organizacional dos portos (Ervilha, 2006).

A segunda situação diz respeito à movimentação das demais cargas nos portos brasileiros que, segundo Velasco (1997) aumentou em 60% no período entre 1986 a 1995, atingindo 376 milhões de toneladas. Entretanto, o segmento de carga geral apresentou uma retração de 7% nesse período, dada a situação precária dos terminais portuários públicos. A cabotagem de carga geral era quase inexistente devido aos altos custos portuários e a falta de navios especializados no transporte de contêineres com escalas regulares. Para o ressurgimento da cabotagem, era imperativa a resolução da ineficiência portuária.

A lei criou a figura do operador portuário que passou a executar os serviços de movimentação e armazenagem de mercadorias destinadas ou provenientes do transporte aquaviário, realizado na área do porto organizado. A lei passou a admitir a movimentação de cargas de terceiros em terminais privativos, criando a figura da ‘Instalação Portuária de Uso Privativo Misto’, removendo a restrição estabelecida pela legislação anterior (Ervilha, 2006).

A mesma autora afirma ainda que a lei 8.630/93 criou os Conselhos de Autoridade Portuária – CAPs, representados por todos os segmentos econômicos interessados na atividade portuária – Governo, Operadores Portuários, Usuários e Trabalhadores Portuários. Os CAPs atuam como organismos normatizadores e reguladores dos portos, buscando sua promoção e melhoria.

Foi criado, ainda, o Órgão Gestor de Mão-de-Obra – OGMO, que regula a relação entre os trabalhadores avulsos e os terminais portuários. A relação capital-trabalho passou a ser subordinada às normas pactuadas em contratos, acordos coletivos ou convenções de

trabalho, e incentivou a adoção da multifuncionalidade como norma para o novo trabalhador portuário. O governo, no âmbito das Administrações dos Portos, instituiu planos de incentivo ao desligamento voluntário, que reduziu o quadro de funcionários para 32% do inicial (OGMO, 2000).

Posterior à promulgação da lei 8.630/ 93, foram licitados 27 grandes terminais de uso público, firmaram-se mais de 80 contratos de adesão para a operação de terminais de uso privativo e misto e constituíram-se 28 Conselhos de Autoridade Portuária (CAPs) e 25 Órgãos Gestores de Mão-de-Obra do Trabalho Portuário (OGMOs). Praticamente todos os serviços e estruturas até então operados pelo governo (federal, estadual ou municipal) foram privatizados por meio de contratos ou arrendamentos, ficando o governo apenas com a administração e com o papel de Autoridade Portuária (Acosta, 2008).

O atual modelo portuário brasileiro, conhecido como *landlord*, adotado em 1993 com a instituição da *Lei de Modernização dos Portos*, define que as operações portuárias e a administração dos terminais são responsabilidades da iniciativa privada, enquanto a administração da infraestrutura de uso comum e os investimentos nos acessos terrestres e aquaviários aos portos devem ser providos pelo setor público. As administrações portuárias, responsáveis pela infraestrutura dos portos, são em geral entidades estatais – as companhias docas federais ou estaduais ou autarquias dos governos locais – e acumulam as funções de regulação, fiscalização, gestão de patrimônio e administração portuária (Lacerda, 2005).

Atualmente são 98 terminais arrendados à iniciativa privada, em 18 portos, que movimentam 54% das cargas totais no Brasil. Os contratos de arrendamento expiraram ou estão prestes a vencer e o governo pretende estudar separadamente cada caso. Enquanto isso, os mesmos devem ser prorrogados por até três anos (Rittner, 2012).

## 2.4 OS PORTOS BRASILEIROS E O COMÉRCIO INTERNACIONAL

Os atuais desafios nos portos estão reservados ao aumento do Comércio Exterior, como uns dos principais instrumentos para viabilizar o desenvolvimento econômico e social do País (Kappel, 2004).

Lacerda (2005) comenta que os investimentos portuários são cada vez mais importantes, à medida que aumentam a integração internacional da economia brasileira. Entre



1999 e 2004, o comércio exterior brasileiro por via marítima aumentou em 78%, e as exportações cresceram 114%, passando de US\$ 36 bilhões para US\$ 78 bilhões. Na ausência de investimentos em infraestrutura, as atuais deficiências de alguns dos principais portos do País tendem a se agravar e onerar exportadores e importadores.

Monié & Vidal (2006) ainda ressaltam que nos últimos anos as cidades portuárias de parte da Europa e alguns portos em via de reestruturação como Gênova, Barcelona e Valência, dotaram-se de parques logísticos que objetivam agregar valor aos fluxos das mercadorias destinadas aos mercados de consumo regionais.

Nesse capítulo foram apresentados alguns conceitos referentes aos portos e à sua infraestrutura, os impactos da Lei de Modernização dos Portos e a posição dos complexos portuários no mercado internacional, destacando suas evoluções e deficiências.

No Capítulo 3 serão comentadas questões referentes à logística, os modais de transporte e os diferentes tipos de carga, focando naquelas que utilizam contêineres para o seu transporte, pois esta é a carga determinante neste estudo.

### 3. A EFICIÊNCIA NO SETOR PORTUÁRIO E OS TERMINAIS DE CONTEINERES

Segundo Wanke (2009) têm sido exigido das autoridades portuárias melhorias na eficiência dos portos, de modo que seus serviços sejam competitivos em termos internacionais e também para sustentar um desenvolvimento econômico baseado no comércio internacional. Com a globalização em foco desde os anos 90, ter uma logística adequada se tornou um fator importante para aumentar a competitividade com o exterior e a produtividade do país, além de servir para minimizar o tempo e os custos no escoamento da produção.

Nesse contexto os portos brasileiros são o principal local para a entrada e saída de produtos. Para que se tornem ou continuem eficientes deve-se investir em infraestrutura e nos sistemas de transportes que os alimentam. Logo, um maior número de acessos nos diferentes modais de transporte ou a reestruturação dos mesmos é uma das formas que o país tem para desenvolver sua cadeia logística, pois esse é dos fatores que está afetando a qualidade dos serviços realizados tanto em portos como em terminais de contêineres.

Como exemplo do que foi comentado, o Banco Mundial registrou que a infraestrutura e as conexões ferroviárias são hoje um problema em todo o mundo (Brito, 2010). Porém, em três anos (de 2007 para 2010), o Brasil subiu 20 posições, saltando de 61º para 41º, no ranking criado pelo Banco Mundial para analisar os sistemas logísticos portuários mais eficientes no mundo. O Índice de Desempenho Logístico (LPI – *Logistical Performance Index*) avalia sete fatores do ambiente logístico portuário de 155 países com base nas empresas que operam no despacho de cargas nos portos. Um dos fatores avaliados é a qualidade da infraestrutura e do transporte e, por isso, há a necessidade de mais investimentos nesse setor para que o Brasil possa alavancar mais posições nesse ranking, assim como fizeram países desenvolvidos como a Alemanha.

A produtividade na economia brasileira depende diretamente da eficiência de sua logística portuária, e o Brasil não tem como melhorar sua produtividade se não avançar muito em eficiência logística, tornando o Brasil mais competitivo nos mercados globais (Brito, 2010).

Segundo Rodrigues (2002), nos últimos anos tem se dado uma lenta evolução nos sistemas de controle governamental, no sentido de tornar as operações do comércio internacional brasileiro mais ágeis e eficientes.

Como o número de acessos é um fator importante para a eficiência portuária, os tipos de modais e, conseqüentemente, os acessos disponíveis para a movimentação de carga aos portos serão comentados a seguir.

### 3.1 MODAIS DE TRANSPORTE

O transporte de mercadorias exerce papel fundamental na economia de um país, pois é através dos diferentes meios de transporte que as nações escoam sua produção.

Chama-se de modo, modal ou modalidade de transporte ao conjunto dos meios de transporte que utilizam uma mesma via de transporte (Ballou, 1993).

Segundo Rodrigues (2002), os modais utilizados para se efetuar um transporte podem ser:

- RODOVIÁRIO – a carga é transportada pelas rodovias, em caminhões, carretas etc.
- FERROVIÁRIO – a carga é transportada pelas ferrovias, em vagões fechados, plataformas etc.
- FLUVIAL/LACUSTRE (Hidroviário) – a carga é transportada em embarcações, através de rios, lagos ou lagoas.
- MARÍTIMO – a carga é transportada em embarcações, pelos mares e oceanos.
- AQUAVIÁRIO – abrange em uma só definição os modais marítimo e hidroviário.
- AÉREO – a carga é transportada em aviões, através do espaço aéreo.
- DUTOVIÁRIO – sempre na forma de grânéis sólidos, líquidos ou gasosos, a carga é transportada através de dutos.

Rodrigues (2002) cita ainda que as principais variáveis de decisão quanto à seleção dos modais de transporte são:

- disponibilidade e frequência do transporte;
- confiabilidade do tempo de trânsito;

- valor do frete;
- índice de faltas e/ou avarias (taxa de sinistralidade);
- nível de serviço prestado.

Uma mercadoria pode ser transportada de diversas formas, utilizando-se de vários tipos de embalagens e equipamentos. As formas como as mercadorias são manuseadas e levadas de um ponto a outro nos diversos modais de transporte caracterizam os diversos tipos de cargas. Como o objetivo desse estudo é verificar a eficiência em terminais de contêineres, a seguir será dado um panorama sobre os principais modais de transporte que movimentam contêineres no Brasil.

### **3.1.1 Modal ferroviário**

Percebendo que o futuro das nações continentais passava pelas estradas de ferro, Irineu Evangelista de Souza – Barão de Mauá – implantou em 1854 a primeira ferrovia no Brasil – a Estrada de Ferro Mauá, com 15 km de extensão, ligando Praia da Estrela a Petrópolis. No período entre 1870 e 1930 as ferrovias brasileiras desempenharam um papel decisivo no escoamento de produtos agrícolas – sobretudo o café – do interior para os portos, articulando-se logisticamente com a navegação de longo curso (Rodrigues, 2002).

Pelo fato de coexistirem bitolas de 1,00 m; 1,435 m e 1,60 m; impossibilitando o estabelecimento de fluxos integrados para o escoamento de cargas via ferroviária, a malha ferroviária brasileira teve diversos de seus trechos desmobilizados a partir de então, para dar origem ao leito de rodovias (Rodrigues, 2002).

### **3.1.2 Modal rodoviário**

O transporte rodoviário no Brasil começou com a construção, em 1926, da Rodovia Rio – São Paulo, única pavimentada até 1940. Até início da década de 50, as rodovias existentes no Brasil eram precárias. No início dos anos 70, época da conexão rodoviária entre todas as regiões brasileiras, contrariando os postulados clássicos do transporte de cargas,

praticamente toda a malha viária foi ocupada com o transporte pesado, em detrimento de uma matriz de transporte mais racional (Rodrigues, 2002).

### 3.1.3 Modal fluvial

Até recentemente, a imensa riqueza das vias naturais formadas pelas bacias hidrográficas brasileiras foi subutilizada para o transporte de cargas. Esse modal vem ganhando status como fator de integração nacional. Em países de grande dimensão territorial como o Brasil, a utilização das hidrovias é fator fundamental para o processo de interiorização e posterior fixação da população, alargando as fronteiras agrícolas e minerais (Rodrigues, 2002).

### 3.1.4 Modal Marítimo

Denomina-se transporte de longo curso ao transporte marítimo internacional, que abrange tanto navios que oferecem serviços regulares (*liners*) quanto os de rotas irregulares (*tramps*). Cabotagem é o termo que define o transporte marítimo ao longo da costa brasileira. Há décadas atrás os navios desenvolviam velocidades de cruzeiro de 10 nós, hoje em dia navios com capacidade para doze vezes mais carga superam facilmente os 25 nós (Rodrigues, 2002).

Com a aceleração do comércio internacional, uma rápida análise nas bandeiras das frotas mercantes modernas, poderá demonstrar que, atualmente, as 5 maiores potências marítimas são nações ricas e desenvolvidas, que juntas controlam mais de 50% do total da frota mundial (Rodrigues, 2002).

A seguir serão apresentados brevemente os diferentes tipos de cargas existentes, detalhando, posteriormente, as cargas containerizadas.

### 3.1 TIPOS DE CARGAS

#### 3.2.1 A Carga Geral Solta

Para Carga geral solta ou *break-bulk cargo* entendem-se as mercadorias manuseadas pelo processo utilizado desde os primeiros tempos da navegação, em que um agrupamento de carga é subdividido em parcelas ou grupos que possam ser manuseadas pelo equipamento disponível ou pelo esforço de um indivíduo isolado ou em grupo. O método é lento, penoso, com altos custos de mão-de-obra, mas ainda é predominante em certas rotas (Magalhães, 2011).

#### 3.2.2 Os Granéis

Os granéis podem ser divididos em dois grandes grupos: os granéis líquidos – o petróleo e seus derivados, os produtos químicos, etc. – e os granéis sólidos tais como cereais, carvão e minérios. De maneira geral o termo *a granel* corresponde a cargas que são transportadas sem embalagem ou acondicionamento ou mercadorias comercializadas fora da embalagem, em quantidades fracionárias (Magalhães, 2011).

#### 3.2.3 Os Neogranéis

Esta denominação é aplicável ao carregamento formado por aglomerados homogêneos de mercadorias, por vezes sem acondicionamento específico, cujo volume ou quantidade possibilita o transporte em lotes e em único embarque. São estocadas a granel (sólido) ou soltas, mas são manuseadas de forma semelhante à carga geral (Magalhães, 2011).

### 3.2.4 Unitização das Cargas

Segundo Faria (2001) os primeiros sinais do emprego do processo de unitização de cargas estão relacionados com o surgimento das pré-lingadas (redes especiais, normalmente feitas com fios de poliéster ou nylon, destinadas a envolver simultaneamente várias unidades de carga, acompanhando o percurso da viagem) e dos *pallets* (estrados normalmente construídos em madeira, sobre os quais as unidades de carga são dispostas e fixadas, constituindo, assim, uma única unidade de carga, podendo ou não ser reutilizado em operações sucessivas, apresentando uma concepção direcionada para o trabalho associado com as empilhadeiras de garfo frontal).

De maneira geral, a unitização pode ser entendida como a padronização no acondicionamento de cargas em geral em algum tipo de estrutura. A mesma tem estimulado o transporte multimodal e facilitado o processo de estivagem.

Outra forma de unitização da carga é através de contêineres. O acondicionamento em contêineres é uma tendência mundial e continua crescendo de forma significativa em todo o mundo.

## 3.3 CONTEINÊRES

O exemplo de unitização de cargas que surtiu mais efeito foram os contêineres, por suas características e padronização que tornam seu embarque e desembarque mais ágeis. Além disso, eles possuem um formato seguro que fez com que o roubo de cargas diminuísse significativamente quando comparado aos primórdios do transporte de cargas marítimas.

Segundo Magalhães (2011), no processo de globalização, a containerização vem contribuindo de modo fundamental para o crescimento do comércio internacional, proporcionando segurança, facilidade e custos relativamente baixos de acesso aos mercados em qualquer região.

Assim, essa forma de movimentação de cargas será detalhada a seguir.

### 3.3.1 Surgimento dos contêineres

Existem algumas versões que tratam do surgimento dos contêineres. A primeira notícia que se teve foi publicada na Revista *National Geographic*, no ano de 1911, que citava a utilização de um tipo de contêiner em transporte de carga. Posterior a isso, Malcom McLean publicou um artigo intitulado “*The Evolution of the Revolution in Containers*”, no qual se considerava o inventor do contêiner.

Outra hipótese formulada foi que os contêineres surgiram no decorrer da Segunda Guerra Mundial quando os norte-americanos se depararam com a necessidade de transportar feridos, armamentos e suprimentos durante as batalhas.

Com uma inflação generalizada que afetou os custos operacionais dos navios a partir da década de 50, surgiu a necessidade de se criar uma nova maneira de transportar as cargas. Com isso, em 1956 o navio “IDEAL X” partiu de New York em direção a Houston, na primeira viagem comercial com uma carga de contêineres.

Segundo Rodrigues (2002), o rápido desenvolvimento dos contêineres foi incentivado pela necessidade de manipular a carga de uma forma mais rápida, eficaz e com redução de custos. Assim os investimentos em navios, o incremento nos custos operacionais e os equipamentos para o manuseio de contêineres foram se sofisticando, de forma a reduzir o tempo de permanência do navio nos portos.

No final da década de 50, houve a adaptação de seis navios C3 para porta-contêineres, da *Matson Navigation Company*, com capacidade para 75 contêineres no convés. Segundo Faria (2001), somente em 1966 ocorreu a primeira viagem internacional de um navio porta-contêineres, o “SS Fairland”, fazendo a viagem de New York a Bremen, com carga de 226 contêineres a bordo.

A partir dos anos 70, os países desenvolvidos começaram a transportar cargas gerais em contêineres de maneira significativa. O Brasil não acompanhou essa tendência, por isso só apresentou avanços significativos na movimentação de contêineres após a Lei de Modernização dos Portos de 1993.

Com o decorrer do tempo a utilização dos contêineres se universalizou.



### 3.3.2 Definição e caracterização dos contêineres

O contêiner marítimo tradicional pode ser definido como uma caixa de metal, contendo portas e travas para seu fechamento, de modo a proteger a carga colocada em seu interior (Keedi, 2003).

Porto (2000) define os contêineres como sendo embalagens de transporte, de seção transversal regular, constituídos de material robusto, possuindo tamanho e tipo padronizados pela ISO.

Com base no Artigo 4º do Decreto número 80.145 de 15 de agosto de 1977: “*O container é um recipiente construído de material resistente, destinado a propiciar o transporte de mercadorias com segurança, inviolabilidade e rapidez, dotado de dispositivo de segurança aduaneira e devendo atender às condições técnicas e de segurança previstas pela legislação nacional e pelas convenções internacionais ratificadas pelo Brasil*”.

No início, a comercialização de contêineres apresentou problemas, pois não havia um padrão único definido, sendo que cada armador ou construtor definia o tamanho que considerava ideal. Além disso, os portos não possuíam a infraestrutura necessária para o manuseio dos mesmos.

Com o decorrer do tempo, o problema do tamanho foi solucionado e hoje, através da ISO (*International Organization for Standardization*), os contêineres são padronizados e utilizados mundialmente, sendo que os portos também estão, em menor ou maior grau, equipados para sua movimentação (RODRIGUES, 2002).

Segundo Rodrigues (2002), os contêineres são modulados, sendo mais usados os cofres de 20' x 8' x 8', que tem suas dimensões utilizadas como “*módulo padrão*”, adotado internacionalmente e chamado de *TEU (Twenty Feet Equivalent Unit)*, onde cada unidade equivale a 20 pés. Um contêiner de 40 pés é denominado como de 2 *TEU's*. Os cofres de 40 pés também são denominados *FEU (Forty Feet Equivalent Unit)*.

Os contêineres ISO possuem uma numeração registrada no *Bureau International of Containers – BIC*. Segundo Rodrigues (2002), a codificação compreende os três seguintes grupos:

Grupo 1:

- a) Código do proprietário.....4 letras (a última deve ser U, de *unit*)
- b) Número de série.....6 algarismos arábicos

c) Dígito de controle.....1 algarismo (verificação)

Grupo 2:

Código do País .....3 letras (País de registro do proprietário, não o de sua nacionalidade)

Grupo 3:

Códigos de dimensões e tipos.....4 algarismos

Os dois primeiros dígitos representam o comprimento (20' ou 40'). A altura é padronizada em 8'.

O primeiro dos dois últimos dígitos se refere à categoria do contêiner, conforme listado abaixo:

- 0 - Contêiner fechado
- 1 - Contêiner fechado, ventilado
- 2 - Contêiner isolante e térmico
- 3 - Contêiner refrigerado
- 4 - Contêiner refrigerado com equipamento removível
- 5 - Contêiner com teto livre
- 6 - Plataforma
- 7 - Contêiner tanque
- 8 - Contêiner de granel e gado
- 9 - Contêiner ventilado

O último dígito especifica o tipo de contêiner na categoria.

Um exemplo de representação dos códigos desse terceiro grupo é mostrado abaixo:

Contêiner 2032: é um contêiner de 20 pés de comprimento, 8 pés de altura o algarismo 3 significa que o contêiner é refrigerado e o algarismo 2 mostra que ele é do tipo isolante e térmico.

### 3.3.3 Tipos de material

Segundo Rodrigues (2002) os principais tipos de materiais utilizados na fabricação de contêineres são: o alumínio em contêineres de 40 pés; o aço, que tem a desvantagem de ser menos resistente a corrosão e mais pesado e a vantagem de apresentar maior resistência ao choque e à tração e compressão; e a fibra de vidro, em contêineres refrigerados ou climatizados.

### 3.3.4 Dimensões

Segundo Magalhães (2011) as dimensões típicas de contêineres são dadas segundo a tabela a seguir:

Tabela 3.1 – Dimensões Típicas de Contêineres (padrão ISO)

Dimensão	Unidades de 20 pés		Unidades de 40 pés	
	Externa	Interna	Externa	Interna
Comprimento	6,06m	5,94m	12,19m	12,04m
Largura	2,44m	2,37m	2,43m	2,32m
Altura	2,59m	2,29m	2,59m	2,38m
Abertura da porta (largura)		2,28m		2,28m
Abertura da porta (altura)		2,28m		2,28m

FONTE: Magalhães (2011)

Essas dimensões são baseadas no padrão ISO. Existem também dimensões de contêineres não ISO. Segundo Rodrigues (2002), as principais são:

Tabela 3.2 – Dimensões Típicas de Contêineres (padrão não ISO)

Usuário	Comprimento	Largura	Altura
<i>Matson</i>	24'	8'	8', 8'06'', 9', 9'06''
<i>Bell Lines</i>	35'	8'	8'06''
<i>Bell Lines</i>	40'	2500m	9'06''
Europa	40'	2500m	8'06'', 9'06''
Diversos	43'	8'	8'
Diversos	45'	8'	9'06'', 9'06'', 5
Diversos	49'	2600m	9'06''
Diversos	53'	8'06''	9'06'', 5

FONTE: Magalhães (2011)

### 3.3.5 Peso e capacidade

A tara de um contêiner de 20 pés é cerca de 2,2 toneladas e a de um contêiner de 40 pés, cerca de 3,5 toneladas (Rodrigues, 2002).

Segundo Magalhães (2011) o contêiner de 20 pés tem capacidade de 33,6 m<sup>3</sup> ou 1.188 pés cúbicos ou 19.046 kg; acrescentando o peso da tara, o peso total máximo da unidade é de 21.227 kg. Já o contêiner de 40 pés têm capacidade de 66,4 m<sup>3</sup> ou 2.348 pés cúbicos ou 27.170 kg; acrescentando o peso da tara, o peso total máximo é de 30.481 kg.

### 3.3.6 Tipos de contêineres

Rodrigues (2002) classifica os contêineres em 6 tipos, que são:

- carga geral (*Dry Cargo*);
- térmicos;
- tanque;
- granel;
- plataforma;

- especiais.

Os contêineres destinados a carga geral abrangem:

- fechados com portas em um extremo;
- fechados com portas em um extremo e nas laterais;
- de teto livre (*Open Top*);
- abertos lateralmente (*Open Side*);
- de teto livre com aberturas nas laterais;
- de teto livre com aberturas nas laterais e num extremo;
- de meia altura (*Half Contêiner*);
- ventilado não isolante.

Os Contêineres Térmicos são classificados como:

- isolantes;
- refrigerados;
- com calefação.

Os Tanques podem ser para:

- granel líquido ou;
- gases comprimidos.

Os Contêineres para Granel Seco são de:

- descarga por gravidade ou;
- descarga por pressão dos grãos.

As Plataformas são:

- sem superestrutura (não podem ser içados por cima quando carregados).

Os Contêineres Especiais podem ser:

- **Contêiner aberto lateralmente:** tem uma parede posterior, porta em um extremo e teto e lados removíveis. Os lados abertos normalmente são vedados com toldos impermeabilizados. É conveniente para cargas largas, animais,

verduras e frutas, em distâncias curtas. Ainda que permita o acesso da carga através dos lados ou pela porta, oferece boa proteção contra o meio ambiente;

- **Contêiner de teto, lado e extremos livres:** frequentemente é chamado de “Esqueleto”. É apenas uma base com uma superestrutura esquelética;
- **Contêiner Meia Altura:** como o seu próprio nome indica, tem 4 pés de altura e pode ser utilizado para graneis ou volumes pesados;
- **Contêineres Ventilados:** geralmente são utilizados para transportar produtos especiais. Possuem orifícios de ventilação na parte superior dos painéis laterais, painéis adicionais de *Plywood* no interior e um sistema para protegê-lo da condensação da umidade.

### 3.3.7 Vantagens do Uso de Contêineres na movimentação de cargas

Segundo Rodrigues (2002) o uso de contêineres oferece inúmeras vantagens:

- Possibilita o uso de embalagens mais leves;
- Evita a contaminação entre cargas incompatíveis estivadas no mesmo porão;
- Reduz as avarias nas cargas;
- Facilita o manuseio e os transbordos;
- Viabiliza a logística do transporte mundial.

Porto (2000) cita também algumas vantagens da utilização de contêineres, dentre as quais:

- a) maior proteção para a carga pelo fato de ser um cofre de carga (impermeável, seguro e rígido);
- b) economia de embalagem por ser duradouro;
- c) rapidez do transporte pela facilidade de transferência.

Neste capítulo foram apontados alguns fatores determinantes da eficiência no setor portuário e realizada uma breve revisão sobre os modais de transportes, os tipos de cargas e, de maneira mais detalhada foram caracterizados os contêineres.

O capítulo 4 abordará os conceitos de produtividade e eficiência para, posteriormente, descrever a técnica utilizada no estudo.

## **4. PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA**

Para que se possa medir eficiência é preciso conhecer a produtividade, ou seja, a combinação de insumos utilizados para determinada produção. Assim, esses conceitos serão dissertados nesse capítulo.

### **4.1 PRODUTIVIDADE**

A produtividade de uma empresa ou unidade de produção pode ser verificada pela sua capacidade em transformar insumos em produtos.

Nos portos, no que se refere à infraestrutura, fatores como extensão de cais, profundidade do canal, área de armazenagem, número de acessos, dentre outros, tem sido estudados como forma de representarem indicadores de performances. Esses indicadores auxiliam nas tomadas de decisão sobre possíveis investimentos que se mostrem necessários para melhoria na qualidade dos serviços portuários.

Na visão de Moreira (1991) e Oum et. al. (1992), existem diferentes razões porque medir produtividade:

1. Pode ser usada como ferramenta gerencial, para verificar efeitos de mudanças organizacionais, ou de introdução de novos processos de produção; para apoiar reformas no layout, e introdução de novas técnicas gerenciais dentro e fora da produção; para estabelecer programas de eliminação de refugos e desperdícios, ou programas de treinamento de pessoal, políticas de investimentos; ou ainda, para avaliar abertura de novos mercados ou introdução de novos produtos, entre tantos outros.
2. Como instrumento de motivação, isto é, como elemento orientador de estímulos para que funcionários e gerentes passem a tomar decisões focalizando aspectos de eficácia.
3. Como forma de prever necessidades futuras de mão-de-obra, isto é, partindo-se de previsão quanto à expansão na demanda e tendências de aumento na



produtividade, pode-se determinar a força de trabalho necessária para atender à produção, em face de tecnologia empregada.

4. Para comparar o desempenho de indivíduos ou departamentos em uma mesma empresa, ou entre as empresas de uma indústria, ou entre indústrias, ou até mesmo entre países, utilizando indicadores de desempenho.

5. Para comparar o desempenho de unidades de uma mesma empresa, dispersas em diferentes localizações geográficas.

6. Para verificar a influência da produtividade sobre os preços, tanto para empresas privadas como públicas: para as privadas, pode perceber o quanto, frente a preços crescentes dos insumos, as empresas podem restringir aumentos nos preços dos seus produtos, aumentando sua produção e, conseqüentemente, sua produtividade. Com relação às públicas, em longo prazo, mercados competitivos resultam em ganhos de produtividade que são repassados ao consumidor.

7. Para medir o desempenho de uma empresa ou indústria através do tempo.

8. Para comparar o desempenho de empresas/indústrias sob regimes políticos públicos alternativos, por exemplo, regulamentação e/ou propriedade do governo.

Lovell (1993) afirma que a produtividade varia devido a diferenças em termos da tecnologia de produção, da eficiência do processo de produção, e do ambiente em que ocorre a produção. Assim, é importante verificar se todas as unidades em comparação são semelhantes em relação a esses aspectos.

Coelli et. al. (1997), define a produtividade de uma empresa como a relação entre a(s) quantidade(s) de insumo(s) necessário(s) para produzir(em) determinada(s) quantidade(s) de produto(s). Ou seja:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{produto}(s)}{\text{insumo}(s)} \quad (4.1)$$

Assim, um produtor agrícola que deseja medir sua produtividade no campo, poderia, por exemplo, dividir a quantidade colhida em sua plantação pela área plantada. Logo, teríamos a produtividade em toneladas/hectare ou kg/m<sup>2</sup>.

## 4.2 EFICIÊNCIA

O termo “*eficiente*” tem várias definições. Usualmente o mesmo é medido de duas formas: comparando a quantidade produzida, dada determinada quantidade de insumos, com o máximo que poderia ter sido produzido com a mesma quantidade de insumos e/ou com o mínimo de insumos necessário para produzir a mesma quantidade de produto. Já eficácia é a capacidade de estabelecer e alcançar metas preestabelecidas (PASCUAL, 2000).

Com base na primeira definição teríamos que a eficiência de uma empresa poderia ser calculada pela expressão:

$$\text{Eficiência} = \frac{P}{P_{\text{máx}}} \quad (4.2)$$

Onde:

P = produtividade atual da empresa

P<sub>máx</sub> = produtividade máxima que a empresa poderia alcançar.

A eficiência sempre é expressa em um número entre 0 e 1 podendo também ser descrita em percentuais.

Segundo Berechman (1993), a Eficiência de Produção é dividida em dois conceitos: a eficiência técnica e a eficiência alocativa. Uma empresa é dita eficiente tecnicamente se, dado os recursos que dispõe, a mesma usa combinações destes insumos ao longo da curva de isoquanta de produto no nível mais alto possível. A eficiência técnica também é obtida quando, dado o nível de produto desejado, que é restrito a demanda do mercado, a empresa usa o mínimo de recursos suficiente e necessário para produzir aquele nível de produto. A empresa é dita eficiente alocativamente se, na seleção entre as combinações de insumos, também minimiza os custos totais.

Isoquanta é uma curva que mostra todas as combinações possíveis de insumos para o mesmo volume de produção, levando em conta as restrições tecnológicas existentes para essas combinações.

A figura 4.1 apresenta uma isoquanta unitária eficiente (Z), que representa todas as combinações possíveis de dois insumos, X e Y, necessários na produção eficiente de uma unidade de produto. Assim, todos os pontos tecnicamente eficientes estão sobre a isoquanta Z.

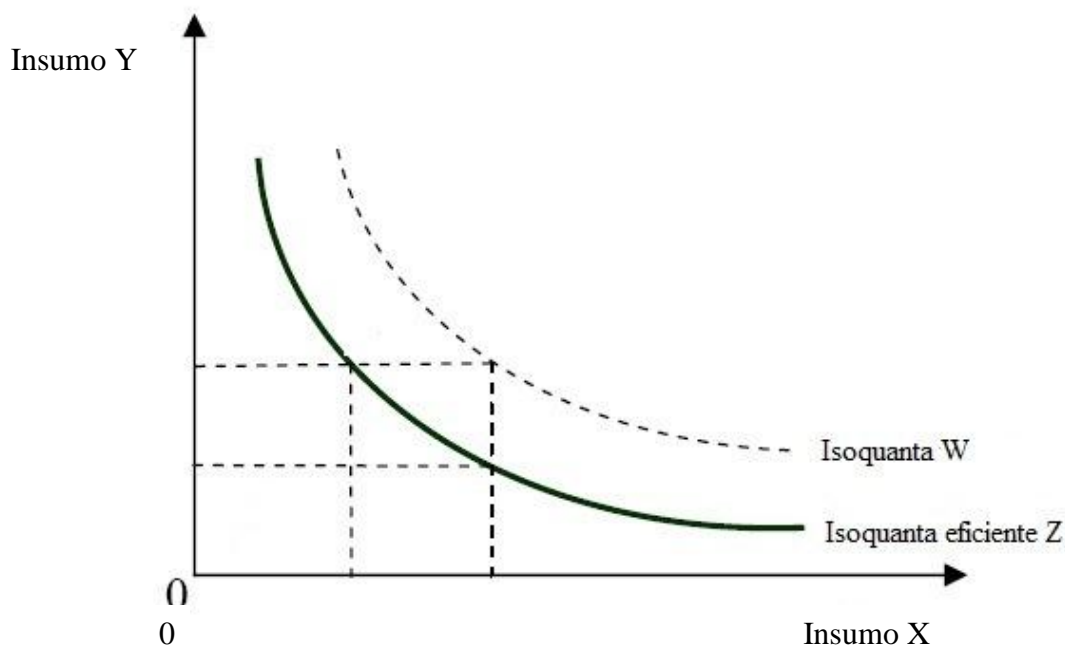


Figura 4.1 Eficiência técnica

FONTE: Berechman (1993)

Do mesmo modo, qualquer ponto sobre a isoquanta W é considerado ineficiente, pois é possível alcançar o mesmo nível de produto (Isoquanta Z), utilizando uma menor quantidade dos insumos X e Y.

Na eficiência alocativa não necessariamente o produto estará sobre a isoquanta unitária eficiente. Esse produto pode estar localizado sobre uma isoquanta unitária qualquer, onde a combinação minimiza os custos de produção.

Pereira (1995) resumidamente diz que a eficiência alocativa é alcançada quando se tem uma dada combinação de insumos em uma isoquanta qualquer que proporcione um custo mínimo.

Considerando que o objetivo de uma empresa é a obtenção da maior rentabilidade possível, um empresário não pode considerar apenas a eficiência técnica. Este também deve objetivar ser alocativamente eficiente considerando as possíveis combinações de fatores existentes. Atingindo as eficiências técnica e alocativa essa empresa atingirá a eficiência econômica (Pereira, 1995).

Na figura 4.2 tem-se os pontos A e B que representam empresas tecnicamente eficientes, porém com diferenças quanto a eficiência alocativa.

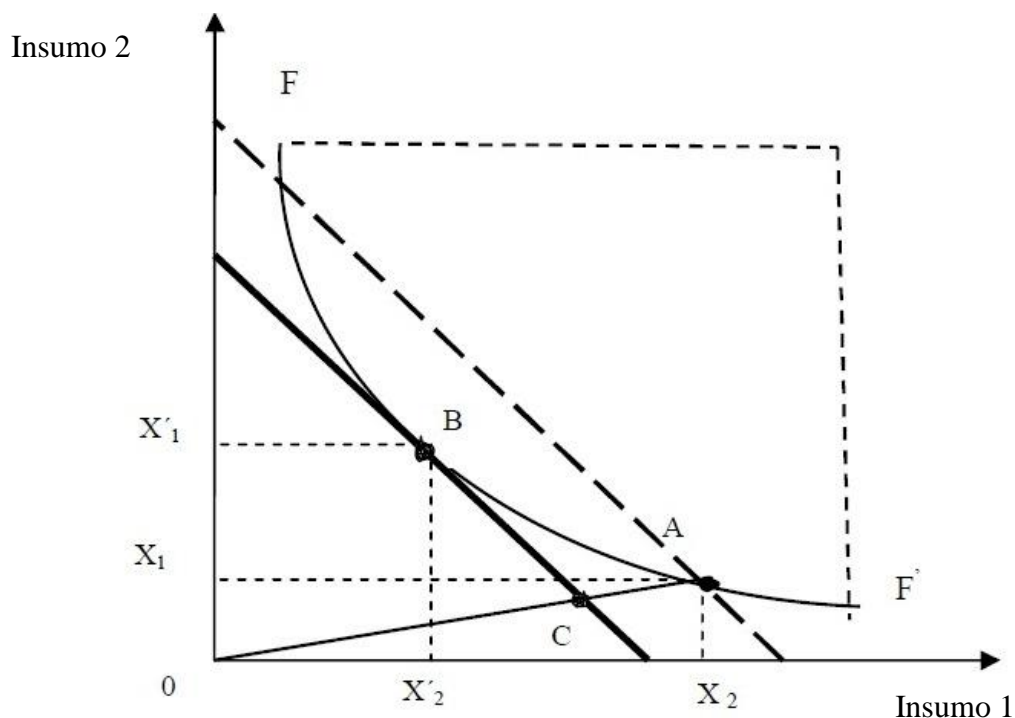


Figura 4.2 Eficiência técnica e alocativa

FONTE (adaptado): Berechman (1993)

A linha tracejada indica todas as combinações possíveis de insumos que apresentam o mesmo custo, denominada *Curva de Isocusto*. As empresas A e B são tecnicamente eficientes pois estão sobre a mesma isoquanta de produção utilizando combinações diferentes dos insumos 1 e 2. Apesar da empresa A ser tecnicamente eficiente, é alocativamente ineficiente se comparada com a empresa B, que está produzindo a mesma quantidade de produto com um custo mais baixo.

### 4.3 RETORNOS DE ESCALA UTILIZANDO ISOQUANTAS

Segundo Mansfield (1980), quando uma empresa trabalha com todos os seus insumos variáveis e esses são aumentados na mesma proporção, três situações de retornos à escala podem ocorrer com relação ao produto:

- a) Retornos Constantes de Escala: a produção aumenta exatamente na mesma proporção do aumento dos insumos. As isoquantas são equidistantes uma das outras, como representado na figura 4.3.

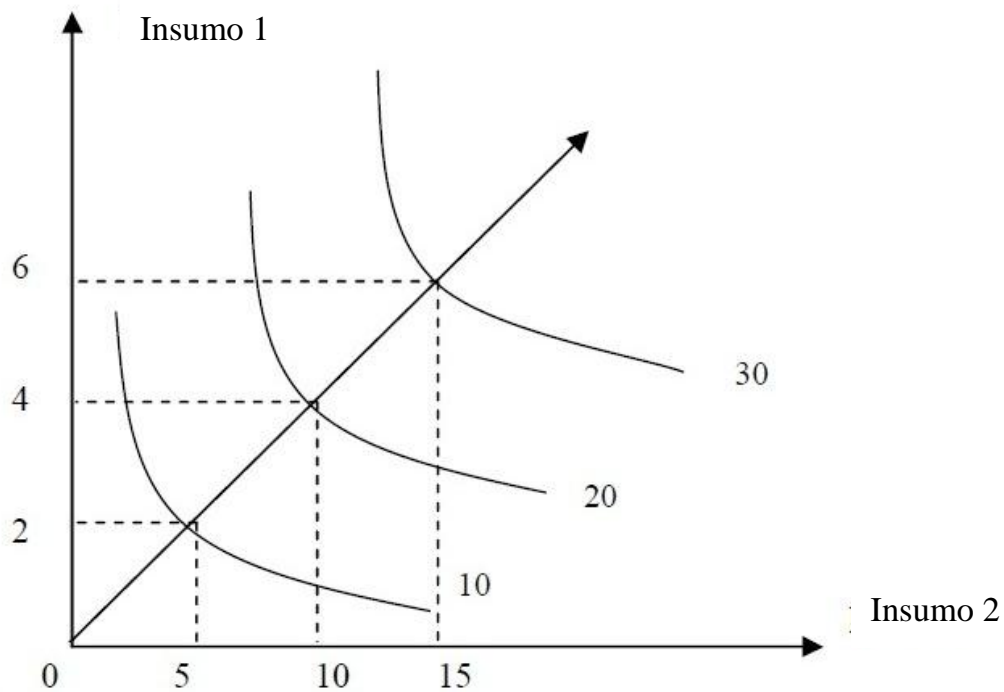


Figura 4.3 Retornos Constantes de Escala

FONTE: Mansfield (1980)

- b) Retornos Crescentes de Escala: a produção aumenta mais que proporcionalmente ao aumento das quantidades de insumos. Nesse caso as isoquantas estão cada vez mais próximas, como observa-se na figura 4.4.

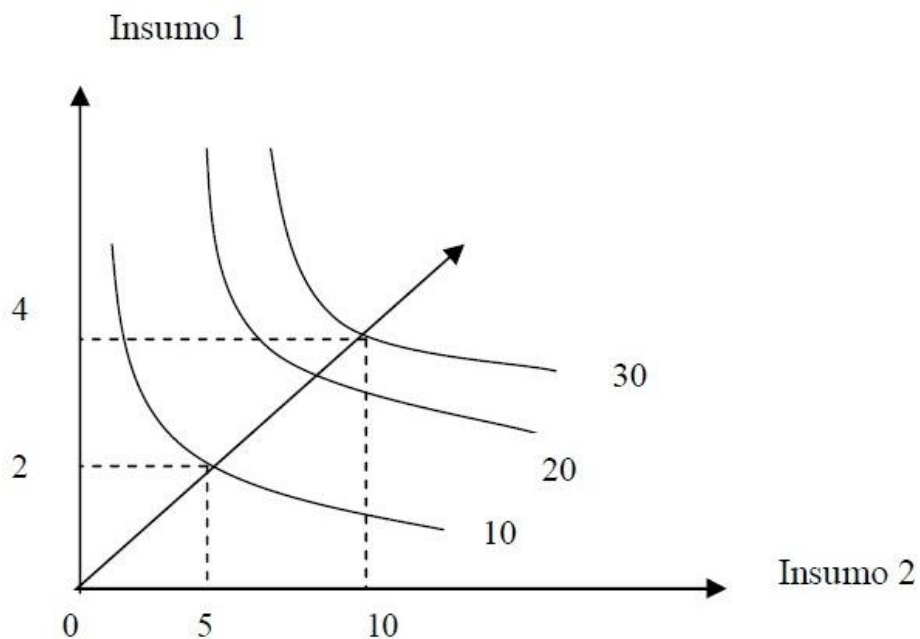


Figura 4.4 Retornos Crescentes de Escala

FONTE: Mansfield (1980)

- c) Retornos Decrescentes de Escala – ocorre quando o aumento da produção é proporcionalmente menor do que o aumento nas quantidades de insumos. As isoquantas se distanciam umas das outras, como representado na figura 4.5.

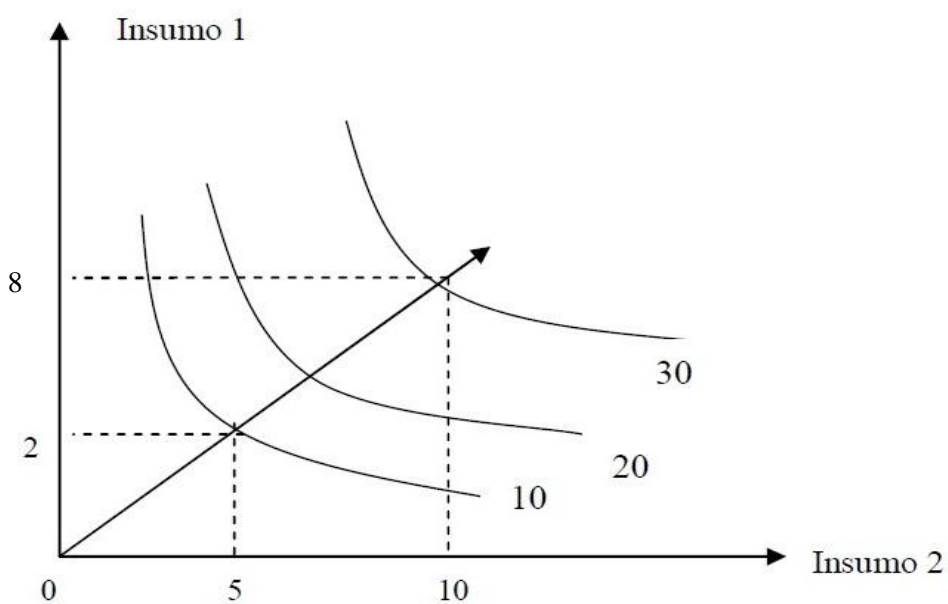


Figura 4.5 Retornos Decrescentes de Escala

FONTE(adaptado): Mansfield (1980)

A eficiência será encontrada quando ocorrer a maximização dos produtos, dados os insumos disponíveis.

#### **4.4 BENCHMARKING**

O Benchmarking pode ser definido como um processo contínuo e sistemático utilizado para investigar os resultados alcançados (em termos de eficiência e eficácia) das unidades com processos e técnicas comuns de gestão (LINDAU *et. al.*, 2001). Além disso, benchmarking pode ser considerado a busca das melhores práticas entre as unidades, conduzindo-as a um desempenho superior.

Neste trabalho será analisada a eficiência em terminais de contêineres. Logo, de posse de seus respectivos benchmarkings (exemplos de boas práticas), será apontado para aqueles terminais ineficientes, quais insumos e/ou produtos se mostram com folgas e que devem ser otimizados para que os mesmos atinjam a fronteira de eficiência.

No presente capítulo abordaram-se os conceitos de eficiência e produtividade, além dos gráficos de retornos em escala utilizando isoquantas e da definição de benchmarking.

O capítulo 5 apresentará técnicas paramétricas e não paramétricas que podem ser utilizadas para medir eficiência e uma descrição sobre o método que será utilizado na análise dos dados (a Análise Envoltória de Dados).

## **5 TÉCNICAS PARAMÉTRICAS E NÃO-PARAMÉTRICAS**

As técnicas para medir eficiência podem ser agrupadas sob dois enfoques: aquelas que utilizam métodos paramétricos e as que utilizam métodos não-paramétricos.

Neste capítulo será feita uma revisão de técnicas que podem ser utilizadas para mensurar a eficiência de unidades produtivas. Como o enfoque deste trabalho é a aplicação de uma técnica não-paramétrica, as técnicas paramétricas serão citadas de forma sucinta.

### **5.1 TÉCNICAS PARAMÉTRICAS**

Segundo Barros et al. (2004), a abordagem paramétrica para medir eficiência se desenvolveu a partir dos trabalhos de Afriat (1972); Aigner e Chu (1972); Aigner, Lovell & Schmidt (1977) e Meeusen & Van Den Broecker (1977). Esses autores foram os primeiros a supor uma forma funcional para explicar os níveis de eficiência em empresas e dividiram a abordagem paramétrica em dois grupos:

- a) Modelos com fronteiras determinísticas e;
- b) Modelos com fronteiras estocásticas.

Segundo Pinheiro (1992) as técnicas paramétricas estimam uma fronteira a partir da máxima quantidade de produto possível, dada determinada combinação de insumos. Dessa forma, a fronteira é estimada estatisticamente, baseada na análise de regressão. A análise de regressão trabalha com valores médios.

Dada sua dificuldade em acomodar múltiplos produtos, a produção geralmente é expressa por um índice (valor da produção, por exemplo), enfrentando problemas de ponderação, pois ao criar um índice, estão sendo definidos os pesos para cada produto que o compõe. Esses pesos são calculados a partir de valores médios. Portanto, ao utilizar um índice como medida de produto, importantes informações no espaço dos produtos são perdidas com o uso destes métodos (Lovell, 1993).



### 5.1.1 Modelos com fronteiras determinísticos

Segundo Barros et. al. (2004), os modelos de fronteiras determinísticos consideram que toda ineficiência é devido aos fenômenos que estão sob controle das unidades avaliadas. Assim o modelo de fronteiras é chamado determinístico quando as diferenças de desempenho entre as unidades em relação à fronteira são devido à ineficiência técnica. Esse desempenho é definido através da relação entre as quantidades de insumos e produtos.

Segundo Kumbhakar e Lovell (2000), um modelo de fronteira de produção para dados obtidos em determinado período de tempo, sobre as quantidades de “m” insumos usados para produzir um único produto (para cada produtor), pode ser escrito como:

$$y_j = f(x_j, \beta) \cdot ET_j \quad (5.1)$$

Na expressão (5.1),  $y_j$  é o produto gerado pelo produtor “j”, com base em  $f(x_j, \beta) \cdot ET_j$ ;  $x_j$  é o vetor de “m” insumos usados pelo produtor “j”;  $\beta$  é o vetor de parâmetros da tecnologia a ser estimado;  $f(x_j, \beta)$  é a função de produção;  $ET_j$  é a eficiência técnica orientada para produto do produtor “j” (também pode ser representada por “ $v_j$ ”).

Da equação (5.1), pode-se representar a ineficiência técnica orientada para produto, no caso de fronteira de produção determinística, como sendo:

$$ET_j = \frac{y_j}{f(x_j; \beta)} \quad (5.2)$$

Assim, a ineficiência técnica é a relação do produto observado pelo máximo produto possível. O produto  $y_j$  encontra seu máximo valor possível em  $f(x_j; \beta)$ , se, e somente se,  $ET_j = 1$ . Caso contrário,  $ET_j < 1$  fornece uma medida do déficit de produto observado em relação àquele máximo. Esse déficit é atribuído à ineficiência tecnológica, ignorando o fato do produto ser afetado por choques randômicos que estão além da capacidade de controle de um produtor.

Kumbhakar e Lovell (2000) ainda citam que existem três métodos para a estimação de  $\beta$ , incorporando a restrição de ineficiência técnica ( $v_j \geq 0$ ): programação matemática, mínimos quadrados ordinários corrigidos e mínimos quadrados ordinários modificados.

### 5.1.2 Modelos com fronteiras estocásticas

Segundo Kumbhakar & Lovell (2000), a grande vantagem dos modelos de fronteira de produção estocástica reside no fato de que, impactos de variações randômicas sobre os produtos, devido à variação no desempenho de indivíduos e/ou equipamentos, ou fatores aleatórios, podem ser distinguidos e descontados das ineficiências devidas a problemas técnicos.

Segundo Coelli et. al. (1997), os autores Aigner, Lovell & Schmidt (1977) e Meeusen & van den Broeck (1977) propuseram, independentemente, uma função de produção de fronteira estocástica, em que um erro randômico ( $v_j$ ) é incorporado na função de produção determinística (equação 5.1). A forma geral dessa função de produção, representada por Kumbhakar & Lovell (2000) é:

$$y_j = f(x_j, \beta) \cdot \exp\{v_j\} \cdot ET_j \quad (5.3)$$

Na expressão (5.3),  $y_j$  é o produto gerado;  $x_j$  é o vetor de “m” insumos usados pelo produtor “j”;  $\beta$  é o vetor de parâmetros da tecnologia a ser estimado;  $f(x_j, \beta)$  é a função de produção;  $v_j$  é a componente de erro aleatório e  $ET_j$  é a ineficiência técnica orientada para produto do produtor “j”.

O modelo definido pela equação (5.3) é chamado Função de Produção de Fronteira Estocástica porque os valores do produto são empurrados para cima pela variável (randômica) estocástica  $\exp\{v_j\}$ . O erro randômico  $v_j$  pode ser positivo ou negativo e, assim, os produtos da fronteira estocástica variam em torno da parte determinística do modelo de fronteira  $f(x_j, \beta)$ .

## 5.2 TÉCNICAS NÃO PARAMÉTRICAS

Segundo Barros et al. (2004), a abordagem não-paramétrica foi desenvolvida diretamente da análise inicial de Farrel (1957) e tem, como principal característica, a dispensa de uma forma funcional, ou seja, prescindem da prévia definição de uma relação insumos-produtos. Ela tem como regra básica a comparação de observações reais, realizada através de programação linear, para estabelecer uma fronteira com a tecnologia da "melhor prática". Esta fronteira é criada a partir de todas as combinações convexas das unidades disponíveis, e aquelas unidades situadas abaixo dela são consideradas ineficientes.

Os métodos não paramétricos que se baseiam em programação matemática medem a eficiência através da relação entre as observações e a fronteira de produção. Essa relação é a distância de cada observação à sua projeção na fronteira de produção (Sengupta, 1989). Um dos métodos não paramétricos para mensurar eficiência é conhecido como Análise Envoltória de Dados.

### 5.2.1 Análise Envoltória de Dados (DEA)

As origens da técnica Análise Envoltória de Dados (DEA) (ou *Data Envelopment Analysis*), remontam aos estudos de FARREL (1957), publicados em um artigo clássico sobre mensuração da eficiência de unidades produtivas que utilizam os mesmos recursos (*inputs*) e produtos (*outputs*) para realizarem tarefas semelhantes. Cabe destacar que houve um desenvolvimento da técnica DEA por CHARNES, COOPER & RHODES (1978) no sentido de aproximá-la de problemas práticos por meio de premissas mais realistas.

Segundo Rios (2005) a técnica DEA tem recebido muita atenção pela academia como uma ferramenta de avaliação do desempenho de unidades de negócio, a qual também pode ser utilizada para fins de apoio à tomada de decisão.

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) ou Teoria da Fronteira (*Frontier Analysis*) baseia-se em modelos matemáticos não paramétricos, isto é, não se utiliza de métodos de análise de regressão que se baseiam em valores médios (Ferreira e Gomes, 2009). Assim, esse método não exige a determinação de relações

funcionais entre os insumos e os produtos, nem se restringe a medidas únicas, singulares dos insumos e produtos e permite utilizar variáveis discricionárias, instrumentais ou de decisão, variáveis não discricionárias ou exógenas (fixas), e categóricas (tipo *dummies*) em suas aplicações. Sem a necessidade de suposição sobre a função de produção, a única condição é que as unidades avaliadas fiquem sobre a fronteira de eficiência ou abaixo dela.

Estellita Lins e Angulo Meza (2000) destacam várias características do método DEA, dentre as quais, podem-se citar:

- i. Não necessita converter todos os dados em unidades monetárias;
- ii. É um método não-paramétrico;
- iii. Os índices de eficiência são baseados em dados reais e não em valores médios;
- iv. Ao contrário das abordagens tradicionais, esse método otimiza cada observação individual com o objetivo de determinar a fronteira linear por partes que representa o máximo que aquela unidade pode atingir.

Uma característica importante dos modelos DEA é a de que os pesos são tratados como desconhecidos e são escolhidos de forma a maximizar a eficiência da unidade observada.

A técnica DEA mede a eficiência de cada UTD (Unidade de Tomada de Decisão) separadamente, realizando comparações em relação ao conjunto de UTDs que está sendo avaliado através dos dados observados em cada unidade. Sendo assim, são criadas fronteiras de produção que servem de parâmetro para definir as escalas de eficiência.

No modelo mais simples, considerando uma unidade trabalhando com um único insumo e um único produto, a eficiência é definida como:

$$Eficiência = \frac{\text{output}(\text{produto})}{\text{input}(\text{insumo})} \quad (5.4)$$

No caso de múltiplos insumos e produtos, o índice de eficiência pode ser representado da seguinte forma:

$$Eficiência = \frac{\text{soma ponderada dos produtos}}{\text{soma ponderada dos insumos}} \quad (5.5)$$

Uma unidade é considerada eficiente caso seu escore seja igual a 1 (um) e ineficiente se for menor que 1 (um). Esse escore representa a distância radial de cada unidade que está sendo avaliada até a fronteira de produção. A figura 5.1 apresenta uma

fronteira de eficiência para 5 unidades, onde as unidades A, B, C e D são eficientes e a unidade E é ineficiente.

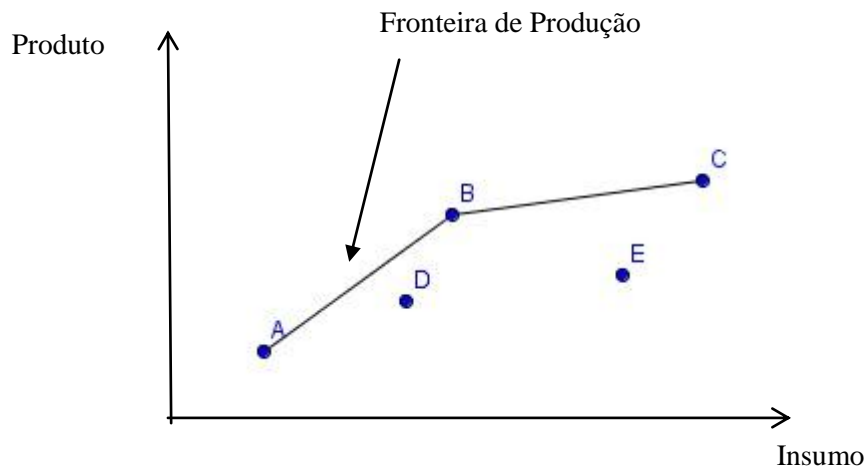


Figura 5.1: Fronteira de Produção

Pela figura 5.1 pode-se perceber que as unidades eficientes são aquelas que se encontram sobre a fronteira de produção.

#### 5.2.1.1 Modelos de DEA

Segundo Mello (2004), os modelos DEA podem trabalhar com retornos de escala constantes (modelo CCR – Charles, Cooper e Rhodes, também conhecido como CRS) ou com retornos de escala variáveis (modelo BCC – Banker, Charnes e Cooper, também conhecido como VRS).

O modelo CCR (Charnes, Cooper e Rhodes) tem como principal característica uma fronteira de eficiência com retornos constantes de escala.

A medida de eficiência de qualquer unidade é obtida como a razão máxima de produtos (*outputs*) ponderados sobre insumos (*inputs*) também ponderados, sujeita à condição de que as razões similares de cada unidade sejam menores ou iguais a 1 (um) (Charnes et al., 1978). A distância entre uma UTD e a fronteira é a medida de sua ineficiência.

A figura 5.2 apresenta um gráfico do modelo CCR, onde se verifica que a fronteira de eficiência é construída a partir dos dados observados gerando uma reta. Uma UTD é

considerada eficiente caso esteja sobre a fronteira; caso contrário, é ineficiente. Nesse caso, as UTDs A, B e C são eficientes, pois estão sobre a fronteira de produção, sendo as demais UTDs (D e E) ineficientes.

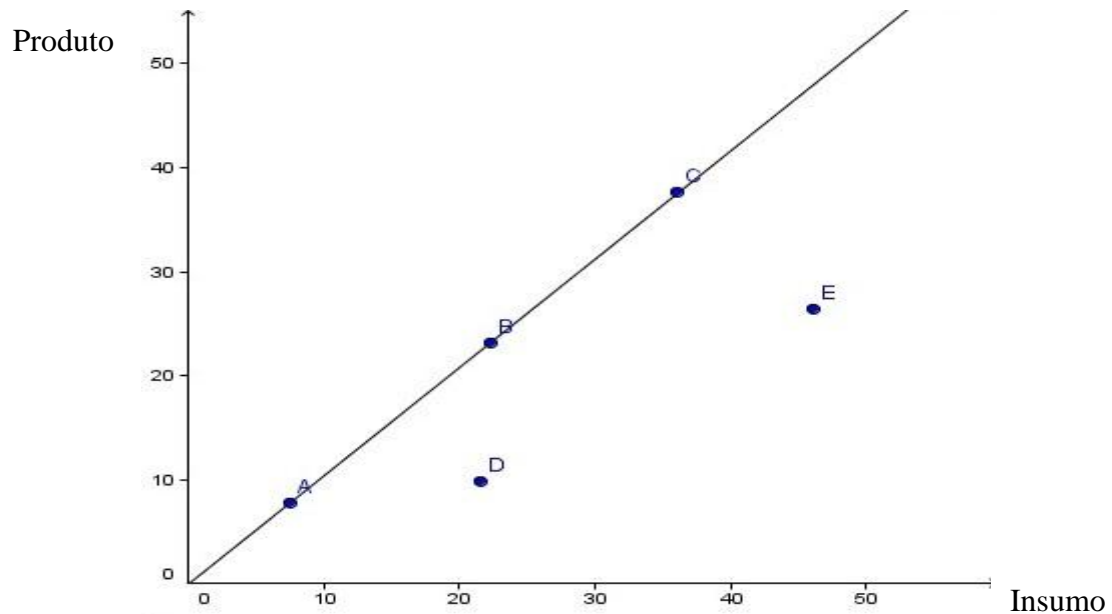


Figura 5.2 – Fronteira de Produção para o Modelo CCR

Os modelos BCC assumem retornos variáveis de escala por meio de uma constante de convexidade, em contraste com os retornos constantes de escala do modelo CCR.

Na figura 5.3 a fronteira de eficiência reflete os retornos variáveis em escala. As UTDs A, B, C e D estão dispostas sobre a fronteira de produção, logo são consideradas eficientes e as UTDs E, F, G e H são classificadas como ineficientes, pois estão abaixo da fronteira.

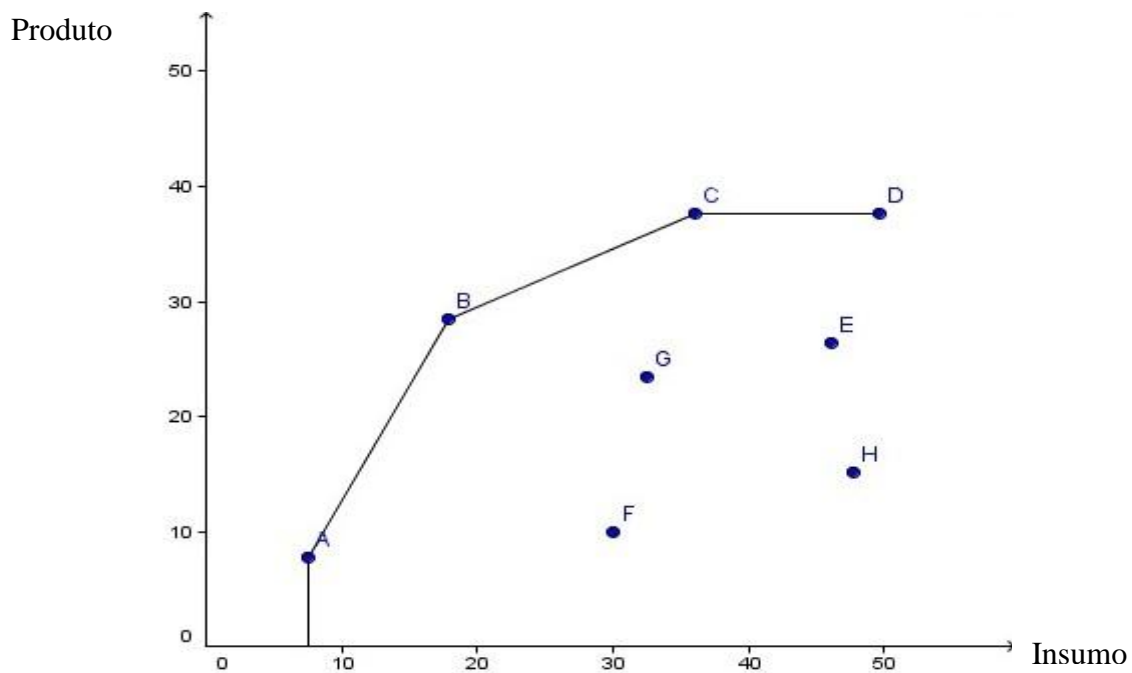


Figura 5.3 – Fronteira de Produção para o Modelo BCC

Segundo Ali & Seiford (1993), as principais diferenças entre os retornos de escalas variáveis e constantes são:

- O modelo com retornos de escala variáveis acrescenta a restrição de convexidade  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ , enquanto que o modelo com retornos de escala constantes trabalha com uma combinação linear daquelas unidades eficientes que servem de referência para a ineficiente.
- No modelo com retornos de escala constante, o hiperplano passa pela origem, não incluindo o intercepto  $\varpi$ .
- Como nos modelos com retornos de escala constantes não há a restrição de convexidade, os escores de eficiência a serem encontrados serão mais baixos; logo o número de UTDs eficientes será menor do que aquele encontrado nos modelos com retornos variáveis de escala.

Os principais modelos serão apresentados a seguir.

### 5.2.1.1.1 Modelo Aditivo

Segundo Ali & Seiford (1993), a superfície envoltória de um modelo é formada por uma série de porções de hiperplanos suportantes que formam facetas da casca convexa, envolvendo todas as observações consideradas. A função objetivo mede a distância da UTD<sub>j</sub> a este hiperplano. A maximização da função objetivo seleciona um hiperplano que minimiza esta distância. Quando o valor da função objetivo no problema Dual é igual a zero, a UTD<sub>j</sub> fica sobre este hiperplano. As UTD's ineficientes ficam abaixo do hiperplano, correspondendo a valores diferentes de zero na função objetivo, otimizada para cada uma das UTD's.

As tabelas 5.1 e 5.2 apresentam o Primal e o Dual do Problema de Programação Linear para o Modelo Aditivo para retornos de escala variáveis e retornos de escala constantes, respectivamente.

Tabela 5.1 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual para o Modelo Aditivo com Retornos de Escala Variáveis.

Retornos de Escala Variáveis	
Primal	Dual
$\min_{\lambda_j, s_r, e_i} - \left( \sum_{r=1}^s s_r + \sum_{i=1}^m e_i \right)$ $\sum_{j=1}^n y_{ij} \lambda_j - s_r = y_{r\lambda} \quad r = 1, \dots, s$ $- \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - e_i = -x_{i\lambda} \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $s_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$ $e_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$	$\max_{\mu_r, v_i, \omega} \sum_{r=1}^s y_{r\lambda} \mu_r - \sum_{i=1}^m x_{i\lambda} v_i + \omega$ $\sum_{r=1}^s y_{rj} \mu_r - \sum_{i=1}^m x_{ij} v_i + \omega \leq 0 \quad \text{para } j = 1, \dots, n$ $\mu_r \geq 1 \quad \text{para } r = 1, \dots, s$ $v_i \geq 1 \quad \text{para } i = 1, \dots, m$

FONTE: Ali & Seiford (1993)



Tabela 5.2 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual para o Modelo Aditivo com Retornos de Escala Constantes.

Retornos de Escala Constantes	
Primal	Dual
$\min_{\lambda_j, s_r, e_i} - \left( \sum_{r=1}^s s_r + \sum_{i=1}^m e_i \right)$ $\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r = y_{r\lambda} \quad r = 1, \dots, s$ $\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - e_i = -x_{i\lambda} \quad i = 1, \dots, m$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $s_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$ $e_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$	$\max_{\mu_r, v_i} \sum_{r=1}^s y_{r\lambda} \mu_r - \sum_{i=1}^m x_{i\lambda} v_i$ $\sum_{r=1}^s y_{rj} \mu_r - \sum_{i=1}^m x_{ij} v_i \leq 0 \quad \text{para } j = 1, \dots, n$ $\mu_r \geq 1 \quad \text{para } r = 1, \dots, s$ $v_i \geq 1 \quad \text{para } i = 1, \dots, m$

FONTE: Ali & Seiford (1993)

Onde:  $y$  é o produto;  $x$  é o insumo;  $s_r$  é a folga do produto;  $e_i$  é a folga do insumo;  $\mu_r$  é o peso do produto;  $v_i$  é o peso do insumo;  $\pi$  é o intercepto e,  $\lambda$  é a convexidade.

No Primal do Problema de Programação Linear, o ponto  $(x_{il}, y_{rl})$  representa os valores de insumos e produtos observados para aquela unidade. Para que a unidade atinja a fronteira, as folgas de produto ( $s_r$ ) e excessos de insumos ( $e_i$ ) desta unidade são minimizadas.

#### 5.2.1.1.2 Modelos Orientados

De acordo com Ali & Seiford (1993), os modelos orientados se diferenciam em relação ao tipo de orientação. Na orientação para insumo o enfoque está na redução de insumos, enquanto que a orientação para produto concentra-se sobre o aumento de produto. Isto implica que as projeções dos pontos observados sobre a fronteira são diferentes.

Portanto, os escores de eficiência relativa não necessariamente são os mesmos nos dois modelos.

#### 5.2.1.1.2.1 Modelo Orientado para Insumo

Os modelos não-arquimedianos de orientação para insumo empregam uma constante não-arquimediana  $\varepsilon$  para expressar a solução sequencial (dois estágios) de um par de modelos (Azambuja, 2002). Isto é, no primeiro estágio se dá a redução proporcional de todos os insumos até que pelo menos um insumo alcance sua quantidade ótima; no segundo estágio, se dá a redução residual naqueles insumos que ainda podem sofrer alguma redução. Abaixo é apresentado o problema de programação para o Modelo Orientado para Insumo com Retornos Constantes.

Tabela 5.3 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com orientação para Insumo com Retornos de Escala Constantes (Modelo CCR).

Retornos de Escala Constantes (Modelo CCR)	
Primal	Dual
$\min_{\theta, \lambda, s, e} \theta - \varepsilon(1s + 1e)$ $Y\lambda - s = Y_\lambda$ $\theta X_\lambda - X\lambda - e = 0$ $\lambda \geq 0 \quad e \geq 0 \quad s \geq 0$	$\max_{\mu, v} \mu Y_\lambda$ $vX_\lambda = 1$ $\mu Y - vX \leq 0$ $\mu \geq \varepsilon 1 \quad v \geq \varepsilon 1$

FONTE: Ali & Seiford (1993)

Abaixo é apresentada a formulação do modelo com orientação para insumo e retornos de escala variáveis (Modelo BCC), desenvolvido por Banker et al. (1984).

Tabela 5.4 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com orientação para Insumo com Retornos de Escala Variáveis (Modelo BCC)

Retornos de Escala Variáveis (Modelo BCC)	
Primal	Dual
$\min_{\theta, \lambda, s, e} \theta - \varepsilon(1s + 1e)$ $Y\lambda - s = Y_\lambda$ $\theta X_\lambda - X\lambda - e = 0$ $1\lambda = 1$ $\lambda \geq 0 \quad e \geq 0 \quad s \geq 0$	$\max_{\mu, v, \omega} \mu Y_\lambda + \omega$ $vX_\lambda = 1$ $\mu Y - vX + 1\omega \leq 0$ $\mu \geq \varepsilon 1 \quad v \geq \varepsilon 1$

FONTE: Ali & Seiford (1993)

Onde  $\varepsilon$  é a constante infinitesimal não arquimediana;  $s$  é a folga de produto(s);  $e$  representa a folga de insumo(s);  $Y$  é o vetor de produtos;  $X$  é o vetor de insumos;  $\mu$  indica o(s) peso(s) do(s) produto(s);  $v$  indica o(s) peso(s) do(s) insumo(s);  $\omega$  é o intercepto;  $\lambda$  são as proporções das quantidades de insumos e produtos das unidades de referência que devem ser utilizadas pelas unidades ineficientes.

O valor de  $\theta$  representa a proporção do vetor de insumo resultante após a diminuição proporcional ( $\tau$ ). Logo:

$$\theta = 1 - \tau \quad (5.6)$$

Segundo Azambuja (2002), no problema primal da programação linear, representados nas tabelas 5.3 e 5.4, minimizam-se os excessos proporcionais em insumos e residuais tanto em insumos como em produtos. O dual maximiza o hiperplano de cada unidade como forma das mesmas atingirem a fronteira.

A figura 5.4 mostra o modelo BCC orientado para insumo. Foram analisadas as UTDs A, B, C, D, E, F e G, mas somente as quatro primeiras, por se encontrarem na fronteira de produção, são consideradas eficientes. As demais unidades devem sofrer redução nas quantidades de insumos para atingirem a fronteira de eficiência.

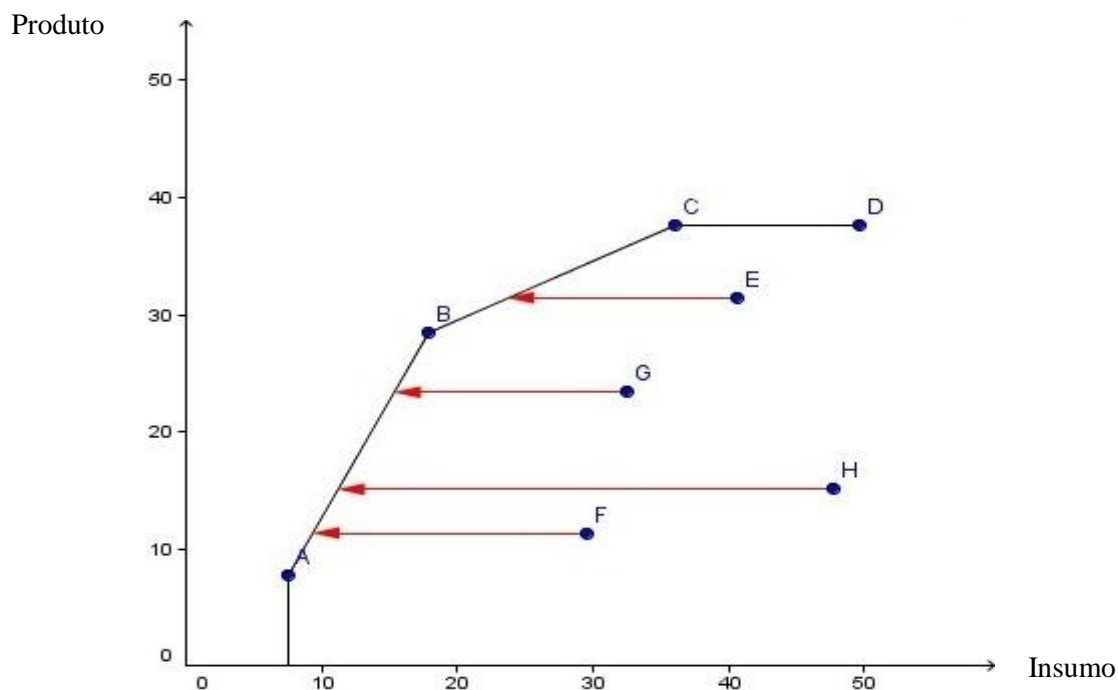


Figura 5.4 - Fronteira de Produção para o Modelo BCC com orientação para insumo

As setas indicam a projeção de cada UTD ineficiente na fronteira eficiente através da redução dos insumos (recursos).

#### 5.2.1.1.2.2 Modelo Orientado para Produto

Segundo Ali & Seiford (1993), o modelo orientado para produto maximiza o aumento proporcional no vetor produto enquanto permanecendo dentro do espaço da envoltória. Um aumento proporcional é possível até que, pelo menos uma das variáveis de folga de produto alcance valor nulo.

Os modelos não-arquimedianos de orientação para produto são dados nas Tabelas 5.5 e 5.6. Nesse caso, no primeiro estágio se dá o aumento proporcional de todos os produtos até que pelo menos um produto alcance sua quantidade ótima; no segundo estágio, se dá o aumento residual naqueles produtos que ainda podem sofrer algum acréscimo.

Tabela 5.5 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com Orientação para Produto com Retornos de Escala Constantes

Retornos de Escala Constantes (Modelo CCR)	
Primal	Dual
$\max_{\varphi, \lambda, s, e} \varphi + \varepsilon(1s + 1e)$ $\varphi Y_{\lambda} - Y\lambda + s = 0$ $X\lambda + e = X_{\lambda}$ $\lambda \geq 0 \quad e \geq 0 \quad s \geq 0$	$\min_{\mu, v} v X_{\lambda}$ $\mu Y_{\lambda} = 1$ $-\mu Y + v X \geq 0$ $\mu \geq \varepsilon 1 \quad v \geq \varepsilon 1$

Tabela 5.6 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com orientação para Produto com Retornos de Escala Variáveis

Retornos de Escala Variáveis (Modelo BCC)	
Primal	Dual
$\max_{\varphi, \lambda, s, e} \varphi + \varepsilon(1s + 1e)$ $\varphi Y_{\lambda} - Y\lambda + s = 0$ $X\lambda + e = X_{\lambda}$ $1\lambda = 1$ $\lambda \geq 0 \quad e \geq 0 \quad s \geq 0$	$\min_{\mu, v, \omega} v X_{\lambda} + \omega$ $\mu Y_{\lambda} = 1$ $-\mu Y + v X + 1\omega \geq 0$ $\mu \geq \varepsilon 1 \quad v \geq \varepsilon 1$

A figura 5.5 mostra um exemplo de modelo orientado para produto (*output*) com retornos de escala variáveis.

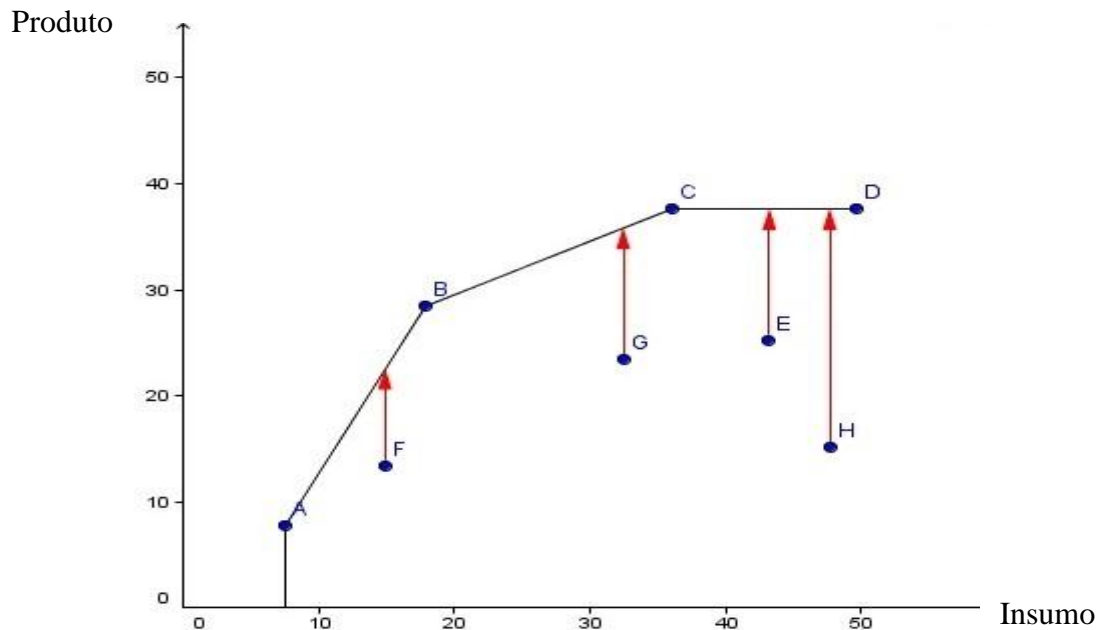


Figura 5.5 Fronteira de Produção para o Modelo BCC com orientação para produto

Foram analisadas as UTDs A, B, C, D, E, F, G e H, dentre as quais apenas as quatro primeiras se mostram eficientes (assim, como na figura 5.4). As setas indicam a projeção de cada UTD ineficiente à fronteira eficiente através da maximização dos produtos.

Coelli (1999) sugere que a decisão de optar por algum modelo (com orientação para insumo ou produto) deve ser tomada baseada na escolha das variáveis e no contexto em que está inserido o problema objeto de estudo.

Logo, as UTDs ineficientes podem ser projetadas em três direções para atingirem a fronteira eficiente. A primeira reduzindo recursos, mantendo-se fixos os produtos (modelo orientado para insumo); a segunda mantendo constantes os recursos e aumentando os produtos (modelo orientado para produto), ou ainda com redução de insumos e aumento de produtos simultaneamente (modelo aditivo).

### 5.2.1.1.3 Modelo de Análise de Janelas (*Window Analysis*)

Ferreira e Gomes (2009) citam que os primórdios da Análise de Janela vem de Charnes et al. (1985) visando analisar as variações na eficiência técnica relativa de determinada UTD ao longo do tempo como se fosse uma unidade distinta. Essa abordagem permite analisar o desempenho temporal das UTDs em análise, oferecendo evidências de estabilidade e sensibilidade dos escores de eficiência técnica e a tendência da eficiência de cada UTD. O modelo de Análise de Janelas utiliza uma abordagem semelhante à Análise Estatística Móvel, isto é, cada vez que se inclui um novo período de tempo na análise, o anterior é retirado.

Cooper, Seiford e Tone (2000) afirmar que esse procedimento permite incorporar a idéia de que existem mudanças na tecnologia no período analisado, já que constrói diferentes fronteiras de referência, para cada conjunto de UTDs sob análise. Esta abordagem permite que as unidades sob análise apenas sejam comparadas com outras que se encontram relativamente perto no tempo, portanto, tecnologicamente semelhantes.

O modelo de Análise de Janelas para a k-ésima UTD no período t,  $UTD_k^t$ , considerando-se retornos constantes de escala e orientação insumo, é assim representado:

Tabela 5.7 Problema de Programação Linear para o Modelo de Janelas para retornos constantes

Retornos de escala constantes	
Min <sub><math>\Theta, \lambda</math></sub> $\Theta$	
Sujeito a:	
$\Theta x_{ik}^t - \sum_{k=1}^{kw} \lambda_k x_{ik}^t \geq 0$ , para qualquer i; $\sum_{k=1}^{kw} \lambda_k y_{rk}^t - y_{rk}^t \geq 0$ , para qualquer r; e $\lambda_k \geq 0$ para qualquer k	

Tabela 5.8 Problema de Programação Linear para o Modelo de Janelas para retornos variáveis

Retornos de escala variáveis
$\text{Min}_{\Theta, \lambda} \Theta$  Sujeito a:  $\Theta x_{ik}^t - \sum_{k=1}^{kw} \lambda_k x_{ik}^t \geq 0$ , para qualquer $i$ ; $\sum_{k=1}^{kw} \lambda_k y_{rk}^t - y_{rk}^t \geq 0$ , para qualquer $r$ ; e $\lambda_k \geq 0$ para qualquer $k$ $1\lambda=1$

Para a aplicação desse modelo é necessário calcular o número de janelas:

$$n = p - w + 1 \quad (5.7)$$

onde  $n$  é o número de janelas,  $p$  é o número de períodos e  $w$  é o tamanho das janelas.

O número de UTDs virtuais é dado por:

$$\text{Nº UTDs virtuais} = kwn \quad (5.8)$$

onde  $k$  é o número de UTDs.

O número de UTDs em cada janela é dado por:

$$\text{Nº de UTDs por janela} = kw/2 \quad (5.9)$$

O tamanho das janelas utilizadas em uma análise é dado por:

$$w = \frac{p+1}{2} \quad (5.10)$$



Uma constatação importante feita por Lovell (1996) é que a abordagem da Análise de Janelas (*Window Analysis*) não fornece nenhuma evidência sobre a natureza do progresso tecnológico (deslocamento da fronteira) e mostra pouca informação sobre as mudanças na produtividade.

Optou-se em aplicá-lo nesse estudo como forma de tentar visualizar, caso haja, tendências de crescimento ou redução em eficiência dos terminais analisados, identificando possíveis causas.

#### 5.2.1.2 Restrições nos pesos

Na apresentação do modelo DEA original, Roll & Golany (1993) perceberam que a falta de restrição na escolha dos pesos para cada variável (insumo(s) e produto(s)) feita pelas UTDs poderia distorcer a análise.

Novaes (2001) explica que a técnica DEA permite que os pesos de insumos e produtos atribuídos pelas unidades variem livremente, sem nenhuma restrição, a priori. Em algumas situações, para que uma UTD possa se tornar eficiente, os pesos atribuídos às variáveis se mostram irrealistas. Ademais, nos vetores de pesos ótimos dos modelos DEA para UTDs ineficientes, pode-se encontrar valores nulos, indicando que a UTD apresenta fragilidade naqueles itens, comparativamente a outras UTDs eficientes. Outro fato que deve ser levado em conta para restringir pesos corresponde à grande diferença percebida nos pesos de uma determinada variável, alocados pelas diversas UTDs.

Assim, a restrição nos pesos consiste na imposição de limites para os valores de pesos utilizados pelas unidades. Quando são impostas restrições aos pesos das variáveis, se percebe uma redução nos escores de eficiência. Assim, UTDs que se mostraram eficientes sem imposições nos pesos, podem não continuar eficientes, após essas restrições.

Roll & Golany (1993) ainda comentam que o processo de determinação de limites sobre pesos de fatores é altamente dependente do caso, e que não existe regra geral. Existem vários métodos para impor restrições nos pesos atribuídos pelas unidades, alguns são citados a seguir:

- a) *Modelo CCR*: Quando se aplica o modelo CCR, sem nenhum limite adicional, cada UTD alcança o escore de eficiência mais favorável. Entretanto estes escores vêm

acompanhados de valores de pesos que podem ser incompatíveis com casos reais. Caso algum peso se igualar a  $\varepsilon$  (infinitesimal), indica que os respectivos fatores não estão influenciando para o escore de eficiência daquela UTD, podendo-se, a partir desses pesos, impor restrições.

- b) *Restrição geral na variação dos Pesos*: mesmo quando não se possui nenhuma informação sobre a importância relativa dos diferentes fatores, pode-se, ainda, controlar o intervalo de variação permitido aos pesos para cada fator.
- c) *Restrição na variação dos Pesos baseada no julgamento de um Expert*: o intervalo de variação dos pesos é definido por profissionais com experiência na área.
- d) *Conjunto Melhorado de Restrições*: neste caso, após a imposição de limites, esses são gradualmente relaxados.
- e) *Relação entre pesos*: controlam-se os pesos dos fatores através de relações entre esses pesos.
- f) *Valores centrais entre os limites*: calculam-se os valores centrais dos pesos de todas as variáveis de forma a gerar um conjunto de pesos comum. Começando com um modelo limitado, definem-se os desvios a partir da média para ambos os lados, obtendo-se os limites inferior e superior.
- g) *Cone Ratio*: Este método impõe restrições sobre a relação entre pesos de insumos e/ou entre pesos de produtos. Um caso especial desse método é conhecido como Método de Regiões de Segurança (Assurance Region Method – AR). Esse método é utilizado no software DEA solver que será aplicado nesse estudo. Assim, será detalhado a seguir.

#### 5.2.1.2.1 Método de Regiões de Segurança (Assurance Region Method – AR)

Segundo Cooper et al. (2006), o Método de Regiões de Segurança (Assurance Region Method – AR), utilizado pelo software DEA-Solver v.3.0 e desenvolvido por Kaoru Tone, é um caso especial do método Cone Ratio. A restrição imposta desta forma é dada pela equação:

$$L_{1,2} \leq v_2/v_1 \leq U_{1,2} \quad (5.11)$$

Na expressão acima  $L_{1,2}$  e  $U_{1,2}$  são, respectivamente, os limites inferior e superior que a relação  $v_1$  e  $v_2$  pode assumir;  $v_1$  e  $v_2$  são os pesos dos insumos.

De forma análoga, quando o modelo trabalha com mais de um produto pode-se, caso necessário, impor restrições para a relação entre produtos.

#### 5.2.1.3 Aplicações da técnica DEA no setor portuário brasileiro

Alguns estudos realizados no Brasil aplicando Análise Envoltória de Dados no setor portuário serão brevemente comentados a seguir.

Rios (2004) realizou uma análise de eficiência em terminais de contêineres brasileiros, incluindo em seu escore de eficiência quatro insumos (número de guindastes, número de berços, número de funcionários e área do terminal) e um produto (quantidade de contêineres (em TEU's) movimentada). A análise foi realizada considerando dados referentes aos anos de 2002, 2003 e 2004. Rios verificou que somente 3 dos 13 terminais analisados apresentaram eficiência relativa quando comparado com os demais. Esses terminais foram: Paranaguá, São Francisco e Manaus. Segundo Rios, os demais portos não apresentaram eficiência devido a possuírem uma infraestrutura muito superior à necessária para atender o número de contêineres movimentados. Nesse artigo Rios utilizou o modelo CCR orientado para insumo.

Acosta (2008) construiu um índice para analisar a eficiência de portos brasileiros, considerando como produto a movimentação geral de cargas (soma de graneis líquidos, sólidos, carga geral e contêineres) e os insumos foram “extensão de cais”, “profundidade

de canal” e “área de armazenagem”. Dos 27 portos analisados nesse estudo, 5 se mostraram eficientes e serviram de referência para os demais. Esses foram: citar os 5 portos eficientes. Para a análise utilizou o modelo BCC orientado para produto.

Sousa (2010) realizou uma análise, utilizando o modelo CCR, para avaliar a eficiência de portos da região Nordeste do Brasil. Nesse estudo foram avaliados 16 portos. A análise considerou tanto as cargas de contêiner quanto as cargas de granel sólido, sendo que as variáveis utilizadas se referiam às instalações e as operações de contêineres e graneis sólidos no ano de 2006. Foi verificado que desses 16 portos, 14 encontravam-se com instalações precárias, com exceção do porto de Salvador para a movimentação de contêineres, e do terminal de “São Luís 1”, na movimentação de graneis sólidos. Os insumos que se destacaram foram “berço” e “calado”, ou seja, a eficiência esteve fortemente relacionada com essas variáveis.

#### 5.2.1.4 Aplicações da técnica DEA no setor portuário em um contexto mundial

Alguns estudos realizados em outros países no setor portuário, aplicando DEA, são citados na tabela 5.8.

Tabela 5.9 – Estudos realizados no setor portuário no mundo aplicando DEA

<b>Autores</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Amostra</b>	<b>Modelo Utilizado</b>	<b>Insumos</b>	<b>Produtos</b>
ROLL; HAYUTH (1993)	Estimar a eficiência relativa de portos.	20 portos internacionais	CCR	- capital; - funcionários; - tipo de carga.	- nível de serviço; - movimento de carga; - satisfação dos usuários e - número de atracações.

<b>Autores</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Amostra</b>	<b>Modelo Utilizado</b>	<b>Insumos</b>	<b>Produtos</b>
MARTINEZ et. al. (1999)	Estimar a eficiência relativa de portos.	26 portos da Espanha	BCC	- despesas com pessoal; - taxas de depreciação; - outros gastos.	- total de carga movimentada; - receita obtida no aluguel de facilidades.
VALENTINE; GRAY (2001)	Comparar a eficiência de portos públicos e privados.	31 portos de contêineres de vários países	CCR	- tamanho do berço; - investimentos (US\$)	- TEU; - movimentação (hora/navio).
ITOH (2002)	Analisar a eficiência dos portos japoneses.	8 portos do Japão	CCR	- área do terminal; - número de berços, guindastes e trabalhadores.	- TEU.
TONGZON 2001)	Determinar os fatores que influenciam o desempenho e a eficiência de um porto.	16 terminais de contêineres, sendo 4 australianos	CCR Aditivo	- número de guindastes, berços, rebocadores e funcionários; - área do terminal; - tempo de atraso.	- TEU; - movimentação( hora/navio).
CULLINANE et. al. (2005)	Analisar a relação entre a privatização e a eficiência relativa dos portos.	31 portos de contêineres internacionais	BCC e CCR	- comprimento do terminal; - área do terminal; - número de docas; - número de guindastes.	- TEU.

Fonte: Wang (2002)

## 6. ANÁLISE DOS DADOS

Como mencionado anteriormente, para a análise comparativa de eficiência técnica de terminais de contêineres brasileiros será utilizada a técnica de Análise Envoltória de Dados. Essa técnica possibilita que se construa um índice capaz de medir a eficiência. Para a construção do escore de eficiência será utilizado o modelo BCC orientado para produto. Foi escolhida a orientação para produto com o intuito de aumentar a produção de cada unidade utilizando todos os seus recursos disponíveis. O modelo BCC (com retornos variáveis em escala) se justifica pela variação no porte dos diversos terminais de contêineres considerados na análise. De posse desse escore, será aplicado, ainda, o método de análise de janelas. Esse método permite que se verifiquem tendências de aumento ou redução nos escores de eficiência ao longo do tempo, tentando identificar possíveis causas.

### 6.1. APLICAÇÃO DO MODELO BCC

Para a definição do escore foram levantados dados das seguintes variáveis (anexo B):

- a) Insumos: área total do terminal (m<sup>2</sup>), profundidade do canal de acesso (m), profundidade do cais de atracação (m), número de berços, número de acessos e extensão dos berços (m);
- b) Produto: movimentação de contêineres (TEU's).

Esses dados foram levantados em diversas fontes, dentre as quais pode-se citar: site da ABRATEC (Associação Brasileira dos Terminais de Contêineres de uso público), Anuário da Revista “Portos e Navios – 2005/2006”, site da ANTAQ (Agência Nacional de Transporte Aquaviário) e os sites dos Terminais de Contêineres incluídos na análise. Esses dados se referem ao ano de 2011. Para a aplicação do modelo de Análise de Janelas será considerado o período de 2004 a 2011.

Na análise foram considerados 13 terminais de contêineres: Libra Terminais Rio (RJ), Libra Terminais Santos (SP), Multi-Rio (RJ), TECON Rio Grande (RS), TECON

Salvador (BA), TECON Santos (SP), TECON Sepetiba (RJ), TECON Suape (PE). Terminal de Contêineres de Itajaí (SC), Terminal de Contêineres de Paranaguá (PR), Terminal de Contêineres de Vila do Conde (PA), Terminal de Vila Velha (ES) e Terminal para Contêineres da Margem Direita (SP). Não foram encontrados dados referentes à movimentação da TESC (Terminal de Contêineres de Santa Catarina) e, portanto, o mesmo não foi incluído na análise. Para facilitar a interpretação dos resultados todos dados foram relativizados.

Para a seleção das variáveis que comporão o escore de eficiência existem diferentes ferramentas. Nesse estudo foi utilizado o método de Análise de Correlação. Primeiramente, verifica-se a correlação entre todas as variáveis. Escolhe-se, então, um insumo e um produto que possuam correlação alta e significativa, formando o primeiro escore de eficiência. A seguir, verifica-se a correlação entre esse escore de eficiência e as demais variáveis, escolhendo aquela que possui correlação alta e significativa com esse índice. Caso seja um insumo, será incluído no denominador do escore, caso seja um produto será incluído no numerador.

Várias combinações de insumos e produto foram testadas verificando sempre o Escore de Eficiência Médio alcançado por todas as unidades (nesse caso terminais de contêineres) e os pesos atribuídos pelos terminais a cada uma das variáveis incluídas no escore de eficiência. Cada passo dessa análise encontra-se no Anexo A. Observando esses resultados optou-se pelo escore mostrado abaixo:

$$EF2 = \frac{\text{movimentação de contêineres 2011}}{\text{número de acessos} + \text{extensão dos berços}} \quad (6.1)$$

A tabela abaixo apresenta o escore de eficiência para cada terminal de contêineres>

Tabela 6.1. Escores de Eficiência para os terminais considerando os insumos “Nº de Berços” e “Nº de Acessos” e o produto “Movimentação de Contêineres”

Terminais	EF2
CONVICON – PA	0,9998
Libra Rio –RJ	0,9849

<b>Terminais</b>	<b>EF2</b>
Libra Santos – SP	0,7485
Multi Rio – RJ	1,0000
TCP – PR	1,0000
TECONDI – SP	0,4291
TECONVI – SC	0,5804
TECON Rio Grande – RS	0,6172
TECON Salvador – BA	0,6029
TECON Santos – SP	1,0000
TECON Sepetiba – RJ	0,7425
TECON Suape – PE	1,0000
TVV – ES	0,5169
<b>Eficiência Média</b>	<b>0,7863</b>

Analisando a eficiência técnica dos terminais para esse modelo de eficiência (Tabela 6.1) os terminais Multi-Rio (RJ), TCP-PR (PR), Tecon Santos (SP) e Tecon Suape (PE) se mostraram eficientes. Observa-se, ainda, que os terminais CONVICON – PA, e Libra Rio (RJ) encontram-se muito próximos da fronteira de eficiência, com escores iguais a 0,9998 e 0,9849, respectivamente.

Tabela 6.2 Estatísticas das Variáveis incluídas no Índice de Eficiência escolhido

<b>Estatísticas</b>	<b>Nº de Berços (%)</b>	<b>Nº de Acessos (%)</b>	<b>Movimentação de Contêineres (%)</b>
Máximo	100,00	100,00	100,00
Mínimo	20,00	16,67	2,25
Média	52,31	46,15	32,67



<b>Estatísticas</b>	<b>Nº de Berços (%)</b>	<b>Nº de Acessos (%)</b>	<b>Movimentação de Contêineres (%)</b>
Desvio Padrão	21,54	22,79	23,75
CV	41,18%	49,38%	72,70%

Nota-se uma grande variação entre os valores máximos e mínimos tanto nos insumos quanto no produto.

Os pesos atribuídos a essas variáveis são mostrados na tabela 6.3.

Tabela 6.3 Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis para o escore EF2

<b>VARIÁVEIS</b>	<b>INTERVALO DE PESOS</b>	
Movimentação de Contêineres	0,0232	0,4444
Número de Berços	0,0000	0,6685
Número de Acessos	0,0000	0,0959

Avaliando os pesos atribuídos a cada variável pelos terminais, se observou que os pesos para a variável “Número de acessos” variaram entre 0 e 0,1. Para a variável “Número de berços” os pesos variaram entre 0 e 0,67. Já para a “Movimentação de Contêineres” o intervalo ficou entre 0,02 e 0,44.

Segundo Ferreira e Gomes (2009), o método DEA pode atribuir peso zero a insumos e produtos nos quais a UTD tem um desempenho pior, o que não pode ser aceito como pertinente por especialistas do segmento em análise.

Pode-se perceber que alguns terminais alocaram pesos iguais a zero aos insumos como forma de se mostrarem eficientes. Os pesos nulos indicam a necessidade da utilização de uma técnica para restringi-los. O software DEA-solver trabalha com a técnica conhecida como “*Assurance Region Method – AR*”, onde se podem impor limitações para as relações entre insumos e/ou entre produtos. Como o índice trabalhado apresenta um único produto, serão impostas restrições somente para as relações entre insumos.

Utilizando-se os valores dos pesos atribuídos pelos terminais de contêineres, foram divididos os pesos da variável “Número de berços” pelos pesos da variável “Número de

acessos”. O valor mínimo encontrado foi 0 e o valor máximo 6,71. Também foram divididos os pesos da variável “Número de acessos” pelos pesos da variável “Número de berços”. Os valores mínimo e máximo encontrados foram 0 e 0,625, respectivamente.

De posse dessas relações, calculou-se a média e o desvio padrão para a relação “Número de Acessos / Número de Pesos”. Definindo o intervalo: média  $\pm$  desvio padrão encontrou-se os limites mostrados abaixo.

$$0,1 \leq \frac{\text{Número de Acessos}}{\text{Número de berços}} \leq 0,6 \quad (6.2)$$

Foi testada também a relação “Número de Berços / Número de Acessos”. Porém, mesmo impondo limites inferior e superior para essa relação, ainda foram encontrados pesos iguais a zero.

A seguir as tabelas 6.4 e 6.5 apresentam os escores de eficiência e os pesos atribuídos às variáveis pelos terminais, após a imposição de restrições aos pesos.

Tabela 6.4 Escores de Eficiência para os terminais considerando os insumos “Nº de Berços” e “Nº de Acessos” e o produto “Movimentação de Contêineres” impondo restrições nos pesos

<b>Terminais</b>	<b>EF2 com restrição nos pesos</b>	<b>Rank</b>
CONVICON – PA	0,9989	3
Libra Rio – RJ	0,9849	4
Libra Santos – SP	0,6731	6
Multi-Rio – RJ	1,0000	1
TCP – PR	0,5042	11
TECONDI – SP	0,3676	13
TECONVI – SC	0,5070	10
TECON Rio Grande - RS	0,5287	9
TECON Salvador - BA	0,5433	8
TECON Santos - SP	1,0000	1
TECON Sepetiba - RJ	0,6692	7
TECON Suape - PE	0,9013	5

<b>Terminais</b>	<b>EF2 com restrição nos pesos</b>	<b>Rank</b>
TVV – ES	0,3893	12
Eficiência Média	0,6975	

Tabela 6.5 Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis do Modelo de Eficiência e os respectivos Terminais que atribuíram maior e menor peso a cada variável, após a imposição de restrições nos pesos.

<b>Variáveis</b>	<b>Intervalo de Pesos</b>	
	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Movimentação de Contêineres	0,01	0,44
Número de Berços	0,00208	1,9973
Número de Acessos	0,0125	1,9973

Observando a Tabela 6.5, nota-se que nenhuma variável apresentou peso zero na análise, porém somente dois terminais continuaram eficientes: o Multi-Rio (RJ) e o Tecon Santos (SP) (Tabela 6.4). Os demais terminais foram considerados ineficientes na análise onde o terminal TCP (PR) reduz o seu escore de eficiência em 50% e o terminal TECON-Suape - PE reduz em aproximadamente 10%. Os terminais CONVICON – PA e Libra Rio (RJ), mesmo após imposição dos pesos, permanecem muito próximos da fronteira de eficiência.

A eficiência média desses terminais diminui para 0,7 após a imposição das restrições. O ranking de eficiência também pode ser observado na Tabela 6.4.

O terminal TECONDI (SP), última colocação no ranking, é um terminal que se utiliza pouco da infraestrutura que possui por estar localizado no complexo portuário de Santos-SP, o que pode ser o motivo para se apresentar nessa posição.

Nesse capítulo ainda serão avaliadas as folgas existentes nas variáveis incluídas no escore de eficiência, o que poderá auxiliar na interpretação desses resultados.

A seguir é apresentada a tabela com a frequência com que terminais eficientes servem de referência para os ineficientes:

Tabela 6.6 – Frequência com que os terminais eficientes aparecem como referência para aqueles ineficientes

<b>Terminal</b>	<b>Frequência</b>
Multi-Rio (RJ)	11
Tecon Santos (SP)	10

Analisando a tabela anterior vemos que o terminal Multi-Rio (RJ) serviu de referência para os demais terminais ineficientes 11 vezes enquanto o TECON Santos (SP) apareceu 10 vezes como referência.

Na tabela 6.7 será demonstrada a contribuição percentual ( $\lambda$ ) de cada terminal eficiente para aqueles ineficientes. Os valores de  $\lambda$  podem ser interpretados da seguinte forma: para um terminal ineficiente se tornar eficiente terá que olhar para aqueles eficientes e verificar qual a quantidade de contêineres poderia movimentar mantendo as quantidades de insumos atualmente utilizados para atingir a fronteira de eficiência. Por exemplo, o terminal TECON Salvador (BA) para alcançar a fronteira de eficiência teria que movimentar:

$\lambda = 0,814873 \times \text{a quantidade movimentada pelo Multi-Rio} + 0,185117 \times \text{a quantidade movimentada pelo TECON Santos (SP)}$

Tabela 6.7 Percentual de contribuição de cada terminal eficiente para aqueles ineficientes

<b>Terminais</b>	<b>Terminal Eficiente</b>	<b><math>\lambda</math></b>	<b>Terminal Eficiente</b>	<b><math>\lambda</math></b>
CONVICON – PA	CONVICON - PA	1,0000		
Libra Rio – RJ	Multi-Rio - RJ	1,0000		
Libra Santos – SP	Multi-Rio - RJ	0,2354	Tecon Santos - SP	0,7646
Multi-Rio – RJ	Multi-Rio - RJ	1,0000		
TCP – PR	Multi-Rio - RJ	0,0741	Tecon Santos - SP	0,9258

<b>Terminais</b>	<b>Terminal Eficiente</b>	$\lambda$	<b>Terminal Eficiente</b>	$\lambda$
TECONDI – SP	Multi-Rio - RJ	0,2223	Tecon Santos - SP	0,7777
TECONVI – SC	Multi-Rio - RJ	0,5884	Tecon Santos - SP	0,4116
TECON Rio Grande - RS	Multi-Rio - RJ	0,2223	Tecon Santos - SP	0,7777
TECON Salvador - BA	Multi-Rio - RJ	0,8149	Tecon Santos - SP	0,1851
TECON Santos – SP	Tecon Santos - SP	1,0000		
TECON Sepetiba - RJ	Multi-Rio - RJ	0,8149	Tecon Santos - SP	0,1851
Terminais	Terminal Eficiente	$\lambda$	Terminal Eficiente	$\lambda$
TECON Suape – PE	Multi-Rio - RJ	0,8149	Tecon Santos - SP	0,1851
TVV – ES	Multi-Rio - RJ	0,6294	Tecon Santos - SP	0,3703

O terminal CONVICON – PA é referência para ele mesmo, pois se encontra muito próximo da fronteira, podendo considerá-lo eficiente.

Como o modelo utilizado é orientado para o produto, não existem folgas proporcionais para os insumos. Assim, serão analisadas as folgas residuais para os insumos e, em relação ao único produto “Movimentação de contêineres”, o aumento proporcional necessário para a unidade atingir a fronteira de eficiência.

Tabela 6.8 Folgas Residuais para os Insumos “Número de berços” e “Número de Acessos” e Proporcional para o Produto “Movimentação de Contêineres”

<b>Terminais</b>	<b>Valor Ponderado (1/EF2)</b>	<b>Projeção</b>	<b>Folga</b>	<b>%</b>
<b>Variáveis</b>				
<b>CONVICON – PA</b>	<b>1,0011</b>			
Número de Acessos	33,33	33,327	-0,003	-0,01%
Número de berços	20	20,003	0,003	0,01%
Movimentação de Contêineres	2,25	2,252	0,002	0,11%
<b>Libra Rio – RJ</b>	<b>1,0153</b>			
Número de Acessos	16,67	16,67	0	0,00%
Número de berços	40,00	40,00	0	0,00%
Movimentação de Contêineres	17,00	17,26	0,26	1,53%

<b>Terminais</b>	<b>Valor Ponderado</b>			
<b>Variáveis</b>	<b>(1/EF2)</b>	<b>Projeção</b>	<b>Folga</b>	<b>%</b>
<b>Libra Santos – SP</b>	<b>1,4857</b>			
Número de Acessos	50,00	54,90	4,90	9,80%
Número de berços	100,00	70,59	-29,41	-29,41%
Movimentação de Contêineres	54,20	80,53	26,33	48,57%
<b>Multi Rio – RJ</b>	<b>1,0000</b>			
Número de Acessos	16,67	16,67	0	0,00%
Número de berços	40	40	0	0,00%
Movimentação de Contêineres	17,26	17,26	0	0,00%
<b>TCP – PR</b>	<b>1,9833</b>			
Número de Acessos	100	62,96	- 37,04	-37,04%
Número de berços	40	77,04	37,04	92,59%
Movimentação de Contêineres	47,33	93,87	46,54	98,33%
<b>TECONDI – SP</b>	<b>2,7205</b>			
Número de Acessos	66,67	55,56	-11,11	-16,67%
Número de berços	60,00	71,11	11,11	18,52%
Movimentação de Contêineres	30,00	81,61	51,61	172,05%
<b>TECONVI – SC</b>	<b>1,9723</b>			
Número de Acessos	33,33	37,25	3,92	11,77%
Número de berços	80,00	56,47	-23,53	-29,42%
Movimentação de Contêineres	26,02	51,32	25,30	97,23%
<b>TECON Rio Grande - RS</b>	<b>1,8914</b>			
Número de Acessos	66,67	55,56	-11,11	-16,67%
Número de berços	60,00	71,11	11,11	18,52%
Movimentação de Contêineres	43,15	81,61	38,46	89,14%
<b>TECON Salvador - BA</b>	<b>1,8405</b>			
Número de Acessos	33,33	25,93	-7,40	-22,22%
Número de berços	40,00	47,40	7,40	18,51%
Movimentação de Contêineres	17,70	32,58	14,88	84,05%
<b>TECON Santos - SP</b>	<b>1,0000</b>			
Número de Acessos	66,67	66,67	0,00	0,00%
Número de berços	80,00	80,00	0,00	0,00%
Movimentação de Contêineres	100,00	100,00	0,00	0,00%

<b>Terminais</b>	<b>Valor Ponderado</b>			
<b>Variáveis</b>	<b>(1/EF2)</b>	<b>Projeção</b>	<b>Folga</b>	<b>%</b>
<b>TECON Sepetiba - RJ</b>	<b>1,4943</b>			
Número de Acessos	33,33	25,92	-7,40	-22,22%
Número de berços	40,00	47,40	7,40	18,51%
Movimentação de Contêineres	21,80	32,58	10,78	49,43%
<b>TECON Suape - PE</b>	<b>1,1096</b>			
Número de Acessos	33,33	25,93	-7,40	-22,22%
Número de berços	40,00	47,40	7,40	18,51%
Movimentação de Contêineres	29,36	32,58	3,22	10,96%
<b>TVV – ES</b>	<b>2,5685</b>			
Número de Acessos	50,00	35,19	-14,81	-29,63%
Número de berços	40,00	54,81	14,81	37,03%
Movimentação de Contêineres	18,65	47,90	29,25	156,85%

Para interpretar os resultados da tabela acima, pode-se afirmar que para o terminal TECON Rio Grande (RS):

- O *Número de acessos* é igual a 66,67% do terminal que possui o maior número de acessos dentre todos os terminais analisados, mas poderia trabalhar com 55,56% do número de acessos máximo, ou seja, possui uma folga de 16,67% no número de acessos.
- O *número de berços* disponível corresponde a 60% do número máximo de berços encontrado entre os terminais, mas deveria trabalhar com 71,11%, indicando que deveria aumentar em 18,52% o número de berços.
- A *Movimentação de Contêineres* é de 43,15% da quantidade máxima movimentada entre os terminais analisados, mas deveria movimentar 81,61% da maior quantidade movimentada, ou seja, deveria aumentar sua movimentação em 89,14% para atingir a fronteira.

Como o modelo utilizado é orientado para produto, verifica-se que, de acordo com as quantidades de insumos (“*número de acessos*” e “*número de berços*”) disponíveis nos terminais analisados, é possível aumentar a quantidade de contêineres (em TEUs) movimentada para aqueles terminais ineficientes. Para os terminais eficientes, podem ser encontradas folgas residuais em um dos insumos, o que não ocorreu nesse estudo.

Os terminais Multi-Rio (RJ) e Tecon Santos (SP) não possuem folgas residuais em insumos nem folgas proporcionais no produto porque se mostraram eficientes mesmo após as restrições atribuídas aos pesos dos insumos.

O CONVICON (PA) e o Libra-Rio (RJ) são os terminais que menos necessitam aumentar sua movimentação para chegar a eficiência; os percentuais de aumento na produção são de 0,11% e 1,53%, respectivamente. Já os terminais TECONDI (SP) e TVV (ES) são os que necessitam sofrer os maiores aumentos na sua produção, ou seja, na movimentação de contêineres, para atingirem a fronteira de eficiência; esses percentuais são de 172,05% e 156,85%, respectivamente.

É possível ainda verificar se os terminais analisados estão trabalhando em regiões de retornos à escala constantes, crescentes ou decrescentes. Isso será analisado na tabela abaixo.

Tabela 6.9 Retornos de Escala para os terminais de contêineres analisados

Terminais	Retornos de Escala
CONVICON - PA	Crescente
Libra Rio - RJ	Crescente
Libra Santos - SP	Crescente
Multi Rio – RJ	Crescente
TCP - PR	Crescente
TECONDI - SP	Crescente
TECONVI - SC	Crescente
TECON Rio Grande - RS	Crescente
TECON Salvador - BA	Crescente
TECON Santos - SP	Constante
TECON Sepetiba - RJ	Crescente
TECON Suape - PE	Crescente
TVV - ES	Crescente

De acordo com a tabela, o TECON Santos (SP) é o único terminal que se encontra em região de retornos constantes à escala, indicando que deve manter seu porte para continuar na fronteira de eficiência. Os demais terminais se encontram em regiões de retornos crescentes à escala o que representa que esses terminais devem aumentar de porte



para atingirem a fronteira. Cabe lembrar que para aqueles terminais que se encontram em regiões crescentes à escala, acréscimos nas quantidades de insumos geram aumentos mais que proporcionais nas quantidades de produto.

## 6.2 APLICAÇÃO DO MODELO DE JANELAS

Para aplicação do modelo de Análise de Janelas foram utilizados os insumos e produto do índice de eficiência EF2, construído com o modelo BBC orientado para produto. Os resultados apresentados nas tabelas a seguir foram obtidos com o auxílio do software DEA-Solver 3.0.

Uma constatação importante feita por Lovell (1996) é que a abordagem da Análise de Janelas (*Window Analysis*) não fornece nenhuma evidência sobre a natureza do progresso tecnológico (isto é, deslocamento da fronteira) e mostra pouca informação sobre as mudanças na produtividade. Porém, essa análise auxilia na avaliação temporal de cada unidade, podendo-se visualizar, caso existam, possíveis causas de variações nos escores de eficiência. Como o software DEA-Solver 3.0 não possui o modelo de Análise de Janelas como retornos variáveis, foi aplicado o modelo com retornos constantes de escala.

Nesse estudo foi utilizado tamanho de janela igual a três. Embora aparentemente seja uma escolha arbitrária, isto está de acordo com o trabalho original de Charnes, Clark, Cooper e Golany (1985), precursores dessa análise.

A tabela abaixo apresenta os resultados obtidos aplicando o modelo de Análise de Janelas para o período de 2004 a 2011. Cada terminal de container é representado como se fosse uma unidade diferente em cada uma das três datas observadas na parte superior de cada coluna.

Tabela 6.10 Resultados obtidos através da Análise de Janelas

DMU	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Média	Média por janela
COMVI-	0,7299	1,0000	1,0000						0,9099	
CON		1,0000	1,0000	0,8539					0,9513	
(PA)			1,0000	0,8539	0,8102				0,8880	
				0,8931	0,8473	1,0000			0,9134	
					0,8377	1,0000	1,0000		0,9421	
						1,0000	1,0000	0,8528	0,9471	<b>0,9253</b>

DMU	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Média	Média por janela
<b>Libra</b>	0,2629	1,0000	0,2401						0,5010	
<b>Rio</b>		1,0000	0,2403	0,2040					0,4814	
<b>(RJ)</b>			0,8732	0,7415	0,7792				0,7979	
				0,6927	0,7279	1,0000			0,8068	
					0,7279	1,0000	0,8233		0,8504	
						1,0000	0,8233	0,8677	0,8970	<b>0,7224</b>
<b>Libra</b>		0,7144	0,6591	0,7314					0,7016	
<b>Santos</b>			0,8832	1,0000	0,9675				0,9436	
<b>(SP)</b>				1,0000	1,0000	0,9659			0,9839	
					1,0000	0,9659	0,7748		0,9090	
						0,9659	0,7748	0,7405	0,8271	<b>0,8559</b>
<b>Multi-</b>	0,3531	0,2012	0,2354						0,2632	
<b>Rio</b>		0,2481	0,2356	0,2526					0,2454	
<b>(RJ)</b>			0,8562	0,9180	1,0000				0,9247	
				0,8575	0,9341	0,8851			0,8922	
					0,9341	0,8851	0,8340		0,8844	
						0,8851	0,8340	0,8815	0,8669	<b>0,6795</b>
<b>TCP</b>	0,5959	0,6071	0,5329						0,5787	
<b>(PR)</b>		0,6180	0,6575	0,6075					0,6277	
			0,7946	0,7341	0,7975				0,7754	
				0,7062	0,7673	1,0000			0,8245	
					0,7673	1,0000	0,8769		0,8814	
						1,0000	0,8769	0,8274	0,9014	<b>0,7648</b>
<b>TECON-</b>	0,3430	0,3129	0,2676						0,3079	
<b>DI</b>		0,3207	0,3302	0,3311					0,3273	
<b>(SP)</b>			0,3990	0,4001	0,4619				0,4203	
				0,4341	0,5011	0,5694			0,5015	
					0,5076	0,5767	0,3918		0,4920	
						0,6572	0,4084	0,4171	0,4942	<b>0,4239</b>
<b>TECON-</b>	0,6960	0,5537	0,4924						0,5807	
<b>VI</b>		0,5537	0,4924	0,4016					0,4825	
<b>(SP)</b>			1,0000	0,8155	0,7743				0,8633	
				0,8658	0,8220	0,4107			0,6995	
					0,8220	0,4107	0,6144		0,6157	
						0,4107	0,6144	0,5609	0,5287	<b>0,6284</b>
<b>TECON</b>	1,0000	1,0000	0,6706						0,8902	
<b>Rio</b>		1,0000	0,8275	0,7627					0,8634	
<b>Grande</b>			1,0000	0,9216	0,9098				0,9438	
<b>(RS)</b>				1,0000	0,9871	0,8439			0,9437	
					1,0000	0,8476	0,6570		0,8348	
						0,8836	0,6850	0,5996	0,7227	<b>0,8664</b>
<b>TECON</b>	0,3311	0,2669	0,3155						0,3045	
<b>Salva-</b>		0,3293	0,3403	0,3087					0,3261	
<b>dor</b>			0,7410	0,6722	0,6172				0,6768	
<b>(BA)</b>				0,6851	0,6291	0,7519			0,6887	
					0,6336	0,7574	0,6531		0,6814	
						0,7673	0,6617	0,6028	0,6773	<b>0,5591</b>
<b>TECON</b>	1,0000	1,0000	1,0000						1,000	
<b>Santos</b>		1,0000	1,0000	1,0000					1,000	
<b>(SP)</b>			1,0000	1,0000	1,0000				1,000	
				1,0000	1,0000	1,0000			1,000	
					1,0000	1,0000	1,0000		1,000	

DMU	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Média	Média por janela
						1,0000	1,0000	1,0000	1,000	<b>1,000</b>
<b>TECON</b>	0,2732	0,2744	0,3244						0,2907	
<b>Sepetiba</b>		0,3058	0,3499	0,2195					0,2917	
<b>(RJ)</b>			0,7619	0,4780	0,8114				0,6838	
				0,4872	0,8270	0,7285			0,6809	
					0,8330	0,7338	0,7348		0,7672	
						0,7435	0,7445	0,7425	0,7435	<b>0,5763</b>
<b>TECON</b>	0,2664	0,2660	0,2495						0,2607	
<b>Suape</b>		0,2676	0,2691	0,2983					0,2783	
<b>(PE)</b>			0,5861	0,6496	0,7590				0,6649	
				0,6621	0,7736	0,8233			0,7530	
					0,7792	0,8293	0,8471		0,8185	
						0,8402	0,8583	1,0000	0,8995	<b>0,6125</b>
<b>TVV</b>	0,3321	0,3210	0,2922						0,3151	
<b>(ES)</b>		0,3282	0,3378	0,3356					0,3339	
			0,5251	0,5216	0,4856				0,5108	
				0,5532	0,5151	0,5081			0,5255	
					0,5206	0,5136	0,4620		0,4988	
						0,5494	0,4942	0,4998	0,5145	<b>0,4498</b>

Não há uma regularidade na eficiência dos terminais ao longo do tempo, exceto pelo TECON Santos (SP), que foi o único que se manteve eficiente durante todos os períodos analisados. Os demais terminais oscilam e apresentam eficiências elevadas em alguns períodos e baixas em outros.

O terminal de CONVICON apresentou um bom desempenho nesse período tendo uma pequena queda em sua eficiência nos anos de 2007, 2008 e 2011. Percebe-se, conforme Anexo A que nesses anos houve uma queda na movimentação de contêineres.

Percebe-se que o terminal Libra-Rio vem melhorando seu desempenho a partir de 2006. No período de 2006 a 2008 esse terminal sofreu uma queda na movimentação de contêineres, que só foi recuperada em 2009. Nos anos de 2010 e 2011, apesar de ter apresentado aumento na movimentação de contêineres, esse aumento não acompanhou o crescimento geral dos demais terminais sofrendo novamente uma queda nos escores de eficiência.

O terminal Libra-Santos também teve melhorias em seu desempenho a partir de 2006, onde se manteve próximo da fronteira de eficiência até 2009. Esse bom desempenho se deve à recuperação na quantidade de contêineres movimentada nesse período. Em 2009 enfrenta nova queda na movimentação, onde a recuperação nos anos seguintes não acompanhou o crescimento geral.

O Multi-Rio mostrou bons escores de eficiência no período de 2006 a 2008. Desde então sofreu pequena queda em seus escores o que pode ser justificado pela redução na movimentação de contêineres.

O terminal TCP-PR também demonstrou melhorias em sua performance a partir de 2006, chegando à eficiência em 2009. A partir desse ano, apesar de aumento na movimentação de contêineres, esse não acompanhou o crescimento geral.

O terminal TECONDI-SP vem mantendo seus escores de eficiência baixos nesse período. Observa-se que, apesar de aumento na movimentação de contêineres, esse não acompanhou o crescimento geral. Além disso, em 2010 entrou em operação mais um berço.

O terminal TECONVI-SP tem apresentado escores de eficiência baixos. Nesse período sofreu queda na sua movimentação de contêineres, onde em 2010 começou pequena recuperação.

O terminal TECON Rio Grande também teve seu pico no período de 2006 e 2008, tendo redução gradativa em sua eficiência a partir desse ano. Percebe-se que, nesse período, manteve a movimentação de contêineres, não acompanhando o crescimento geral. Além disso, em 2009, entrou em operação mais um berço.

O terminal TECON Salvador teve uma boa melhora no seu escore de eficiência a partir de 2005, mantendo-se em torno de 68%. A razão dessa estabilidade pode ser justificada por esse terminal não ter acompanhado o crescimento geral.

O TECON Santos se manteve eficiente em todo o período analisado. Apesar de pequena queda na movimentação de contêineres sofrida em 2009 esse terminal se manteve como referência para os demais.

O terminal TECON Sepetiba (RJ) apresentou uma melhora em seu índice de eficiência a partir de 2006, mantendo-se, desde então, em torno de 72%. Percebe-se queda na movimentação de contêineres em 2007, recuperando-se nos anos seguintes.

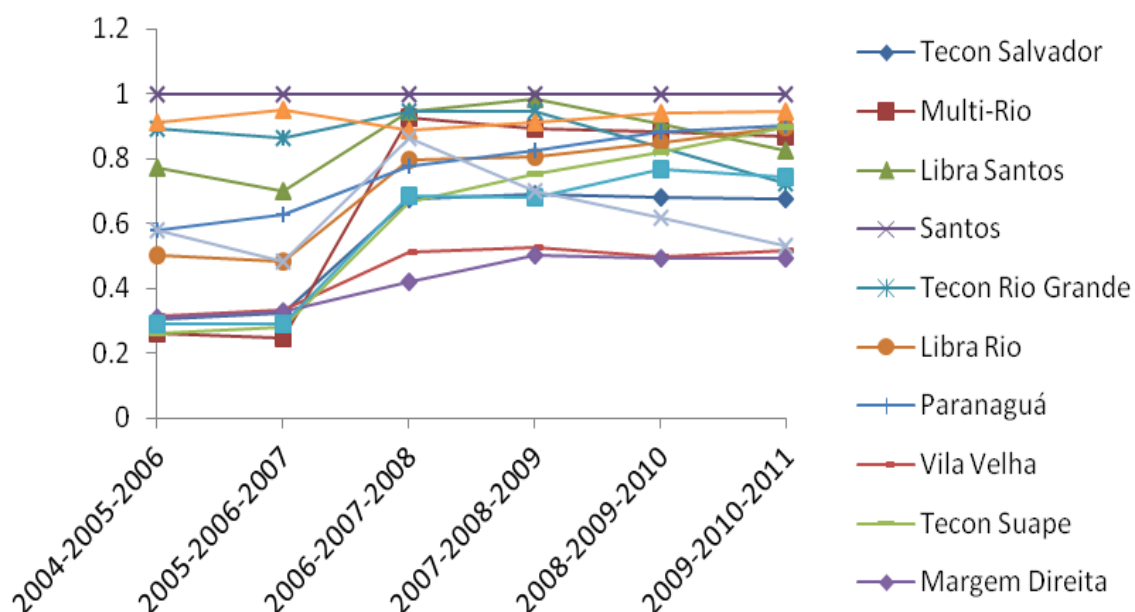
O terminal SUAPE (PE) também apresentou melhorias no seu escore de eficiência a partir de 2006 mantendo escore de aproximadamente 78%. Mostrou queda na movimentação de contêineres em 2009, recuperando-se nos anos seguintes.

O terminal TVV (ES) também apresentou pequena melhora em seu escore de eficiência a partir de 2006, ficando em torno de 51%. Percebe-se queda significativa na movimentação de contêineres em 2009; vem se recuperando a partir de então.

O número de acessos não se alterou nesse período para nenhum terminal analisado. O nº de berços aumentou para os terminais TECONDI-SP e TECON Rio Grande-RS.

A figura abaixo apresenta a variação nos escores de eficiência dos terminais analisados no período de 2004 a 2011.

Figura 6.1 - Variação nos escores de eficiência dos terminais analisados no período de 2004 a 2011



Pode-se observar que o terminal Tecon Santos não variou sua eficiência durante o período avaliado, se mantendo com eficiência igual a 1. Já o terminal Multi-Rio mostrou eficiência de aproximadamente 0,2 na primeira janela, chegando a um escore de eficiência maior que 0,8 no final da análise.

## 6.2 CARACTERIZAÇÃO DOS TERMINAIS QUE SE MOSTRARAM EFICIENTES

A análise de eficiência técnica dos terminais de contêineres se deu através da técnica de Análise Envoltória de dados aplicando o modelo BCC para auxiliar na construção do escore de eficiência e, posteriormente, o modelo de janelas para verificar tendências de melhorias ou não durante um período de tempo. A escolha do período de

2004 a 2011 se deu pelo fato de o terminal CONVICON ter inaugurado suas instalações somente em novembro de 2003.

A maior parte das informações foi retirada do site da Abratec-Terminais e dos sites dos próprios terminais.

A seguir serão destacadas as principais características dos terminais que se mostraram eficientes em algum momento do período analisado como forma de entender suas posições no *ranking* de desempenho operacional.

*CONVICON (PA)* – Apresenta eficiência nas suas operações apesar de movimentar poucas TEU's. Isso devido a ótimo aproveitamento de seus insumos no processo de produção. Dispõe de uma área total de 103 mil m<sup>2</sup>, com 7,5 mil m<sup>2</sup> de armazéns cobertos. Atualmente é administrado pela Santos Brasil S/A, mesma detentora dos direitos do TECON Santos.

*Libra Rio (RJ)* – Apresentou eficiência nos anos de 2005 e 2009. Nesses anos apresentou uma maior contribuição percentual na movimentação de contêineres. Possui uma área de armazenagem de 136 mil m<sup>2</sup>, sendo 9,6 mil de armazéns cobertos. É administrada pela Libra Terminais, a mesma que administra o terminal Libra Santos. Tenta falar um pouco mais, por exemplo, tipo de produtos transportados, características locais. Se puderes para todos os 5 cinco terminais aqui citados.

*Libra Santos (SP)* – O Libra Santos (SP) foi o terminal que apresentou a segunda maior movimentação de TEU's no período. Esse terminal usufrui de boa parte dos acessos disponíveis para o TECON Santos, pois se localiza próximo. Dispõe de 155 mil m<sup>2</sup> de área total, com 11 mil m<sup>2</sup> de armazém coberto e uma capacidade estática de 15,6 mil TEU's.

*Tecon Rio Grande (RS)* - O TECON Rio Grande apresentou eficiência em alguns períodos de tempo dentro das janelas, principalmente nos períodos iniciais. A redução nos escores de eficiência a partir de 2009 pode ser justificada por duas situações observadas: a) estabilidade do número de TEU'S movimentadas nesse período, não acompanhando o aumento na contribuição percentual na movimentação ocorrido em outros terminais e b) nesse ano o terminal passou a operar com 3 berços ao invés de 2 berços o que, com a estabilidade na movimentação, pode ter levado à subutilização desse terceiro berço. Dos terminais analisados esse apresentou a terceira maior movimentação durante o período.

Possui uma capacidade estática para armazenar 39 mil TEU's e uma área de armazenagem de 735 mil m<sup>2</sup>.

*TECON Santos (SP)* - Referência em modernidade na América do Sul, o TECON Santos é o maior e mais eficiente terminal de contêineres do país. Em 2011, o TECON Santos atingiu a marca dos 80 mph (movimentos por hora) estabelecendo um novo padrão de produtividade na América do Sul, o que o coloca em patamar semelhante aos melhores terminais europeus. Possui 596.000m<sup>2</sup> entre instalações e área de armazenagem, das quais 12 mil m<sup>2</sup> são de armazéns cobertos. Possui estrutura para operar navios Super Post Panamax, o que transformou o terminal em um centro de excelência portuária, passando a ser um imenso laboratório de iniciativas inovadoras que visam à melhoria contínua de sua eficiência operacional e rentabilidade.

## 7. CONCLUSÕES

Esta dissertação mensurou e analisou a eficiência em terminais de contêineres brasileiros, utilizando a técnica Análise Envoltória de Dados. Para realizar a análise foi desenvolvido um modelo com dois insumos – “Número de berços” e “Número de acessos” - e um produto – “Movimentação de Contêineres”.

O estudo foi dividido em três partes. Na primeira etapa buscou-se verificar quais insumos e produtos eram relevantes para a análise construindo, com o auxílio do método de análise de correlação e modelo de Análise Envoltória de Dados, um índice capaz de medir a eficiência técnica. Posteriormente, foram gerados os escores de eficiência dos terminais para o ano de 2011 usando o modelo BCC orientado para produto, impostas as restrições aos pesos das variáveis e feitas às análises de folga proporcional em relação ao produto. Verificou-se que a maioria dos terminais apresentou folga proporcional em relação ao produto e residuais em relação aos insumos. Somente os terminais TECON Santos (SP) e Multi Rio (RJ) se mostraram eficientes, onde o TECON Santos serve de referência para outros 10 terminais incluindo o próprio e o Multi Rio serve de referência para outros 11 terminais contando com ele.

Ainda, utilizando o mesmo modelo BCC orientado para produto, foram gerados os escores de eficiência para o período de 2004 a 2011 utilizando o modelo denominado Análise de Janelas, onde somente o terminal TECON Santos (SP) mostrou-se eficiente em todas as janelas.

Avaliando as folgas residuais existentes nos dois insumos incluídos no escore de eficiência, verifica-se que, para o insumo “Nº de acessos”, os terminais Libra Santos – SP e TECONVI-SC teriam que aumentar o número de acessos em 9,80% e 11,77% respectivamente. Já os terminais CONVICON – PA, TCP – PR, TECONDI – SP, TECON Rio Grande – RS, TECON Salvador – BA, TECON Sepetiba – RJ, TECON Suape – PE e TVV – ES possuem folga no “Nº de acessos” que variam de 0,01% (CONVICON – PA) a 37,04% (TCP – PR), sugerindo que podem utilizar melhor esses acessos no sentido que aumentar sua movimentação. Os terminais Libra Rio – RJ, Multi Rio – RJ e TECON Santos – SP estão otimizando os acessos disponíveis não demonstrando folga nem necessidade de implantação de mais acessos nesse momento.



Para o insumo “Nº de berços” os terminais CONVICON – PA, TCP – PR, TECONDI – SP, TECON Rio Grande – RS, TECON Salvador – BA, TECON Sepetiba – RJ, TECON Suape – PE e TVV – ES deveriam aumentar o número de berços disponíveis variando esse percentual de 0,01% (CONVICON – PA) a 92,59% (TCP – PR). Os terminais Libra Santos – SP e TECONVI – SC possuem folga de 29,41% e 29,42% respectivamente, no nº de berços, demonstrando capacidade de absorverem uma maior quantidade de carga. Os demais terminais (Libra Rio – RJ, Multi Rio – RJ e TECON Santos – SP) estão otimizando o nº de berços disponíveis para movimentação de suas cargas, não indicando folga nem necessidade de implantação de novos berços. Apesar dos terminais TECONDI – SP e TECON Rio Grande – RS terem implantado mais um berço em 2010 e 2009, respectivamente, esses poderiam aumentar ainda mais esse número de berços como forma de captarem uma maior quantidade de carga.

Quanto à movimentação de contêineres, todos os terminais, com exceção dos terminais Multi – Rio (RJ) e TECON Santos (SP) devem aumentar sua produção (maior movimentação de contêineres) para alcançarem a fronteira de eficiência onde esse percentual atinge 172,05% para o terminal TECONDI – SP.

Resumidamente, pode-se concluir que os terminais CONVINCON – PA e Libra Rio – RJ estão muito próximos da fronteira de eficiência que deve ser atingida com aumentos de 0,11% e 1,53%, respectivamente, na movimentação de contêineres, sem folgas residuais em seus insumos.

Os terminais Libra Santos – SP e TECONVI – SC devem aumentar o número de acessos e possuem folga no nº de berços, podendo aumentar sua movimentação em 48,57% e 97,23%, respectivamente.

Os terminais TCP – PR, TECONDI – SP, TECON Rio Grande – RS, TECON Salvador – BA, TECON Sepetiba – RJ, TECON Suape – PE e TVV – ES possuem folga no número de acessos e devem aumentar o número de berços como forma de contribuir para uma maior captação de cargas, aumentando a movimentação de contêineres.

Já os terminais Multi Rio – RJ e TECON Santos – SP se encontram na fronteira de eficiência otimizando seus recursos “Número de acessos” e “Número de berços” para atingirem a máxima movimentação de contêineres.

Essa análise pode auxiliar os administradores portuários na verificação de folgas existentes nos insumos e produto incluídos no índice de eficiência aqui utilizado, apontando a necessidade de cada terminal para melhoria de seu desempenho operacional.

A otimização desses recursos através de melhorias em suas operações e infraestrutura pode contribuir para que aqueles terminais ineficientes se aproximem da fronteira de eficiência.

O Governo Federal em 22 de janeiro de 2007 lançou o Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, através do decreto nº 6.025, de 22.1.2007, cujas medidas visam a contribuir para a melhoria da infraestrutura logística de todo o país, otimizando a distribuição e o transporte de mercadorias interna e externamente. Como a maioria dos terminais de contêineres estão aos arredores dos principais portos brasileiros, indiretamente esses serão beneficiados com as melhorias.

A movimentação de contêineres no Brasil vem em uma crescente nas últimas décadas. Assim, é necessário que os órgãos governamentais realizem estudos como forma de direcionarem seus recursos para aqueles terminais menos eficientes e, assim, melhorarem seus índices. Dessa forma, o Brasil se tornará competitivo em relação às demais nações no que se refere à movimentação de contêineres.

## **7.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

De posse de escores de eficiência para cada terminal, é possível verificar a relação desses escores com variáveis ambientais que representem o contexto local como, por exemplo, área de localização do terminal, economia local, oferta de serviços diretamente ligados à operação portuária, entre outros.

## ANEXOS

### ANEXO A

Nesse anexo será apresentada a análise, passo a passo, para a construção de escores para medir eficiência e a escolha daquele que, segundo alguns critérios descritos abaixo, melhor representa o desempenho em terminais de contêineres brasileiros.

Para a seleção das variáveis que comporão o escore de eficiência foi utilizado o método de Análise de Correlação. Nesse método, primeiramente verifica-se a correlação entre todas as variáveis. Escolhe-se, então, um insumo e um produto que possuam correlação alta e significativa, formando o primeiro escore de eficiência. A seguir, verifica-se a correlação entre esse escore de eficiência e as demais variáveis, escolhendo aquela que possui correlação alta e significativa com esse índice. Caso seja um insumo, será incluído no denominador do escore, caso seja um produto será incluído no numerador. O processo continua até que não se encontre mais correlações altas e significativas entre as variáveis ainda não incluídas no modelo e o escore de eficiência construído.

A tabela abaixo mostra a correlação entre todos os insumos e o único produto considerado.

Tabela A1 Correlações entre os insumos e o produto “Movimentação de Contêineres”

Insumos	Movimentação de Contêineres
Calado canal	-0,08
Calado cais	0,26
Número de berços	0,67*

Insumos	Movimentação de Contêineres
Área total	0,53
Acessos	0,59*
Extensão dos berços	0,64*

\*Correlação significativa (nível de significância de 5%)

Para criar o primeiro escore, foi utilizado o insumo que mostrou correlação mais alta e significativa com a movimentação de contêineres, ou seja, o insumo “número de berços”. A relação entre movimentação de contêineres e número de berços forma o primeiro quociente de produtividade. Dividindo o quociente de produtividade de cada unidade pelo maior quociente encontrado, define-se o primeiro índice de eficiência (EF1). O índice de eficiência para esse primeiro escore é mostrado na tabela abaixo:

Tabela A2 Índice de eficiência EF1 utilizando o insumo “Número de berços” e o produto “Movimentação de contêineres”

Terminais	EF1
CONVICON – PA	0,0900
Libra Rio – RJ	0,3400
Libra Santos – SP	0,4300
Multi Rio – RJ	0,3500
TCP – PR	0,9500
TECONDI – SP	0,4000
TECONVI – SC	0,2600
TECON Salvador – BA	0,3500
TECON Santos – SP	1,0000

Terminais	EF1
TECON Rio Grande – RS	0,5700
TECON Sepetiba – RJ	0,4400
TECON Suape – PE	0,5900
TVV – ES	0,3700
Eficiência Média	0,4700

A eficiência média para os terminais de contêineres para esse primeiro escore foi de 0,47, e o único terminal que se mostrou eficiente foi o TECON Santos, localizado no complexo portuário de Santos - SP. A seguir, foi verificada a correlação entre os demais insumos e o índice de eficiência EF1, conforme tabela A3.

Tabela A3 Correlação entre insumos e o índice de eficiência EF1

Variáveis	EF1
Calado canal	0,01
Calado cais	0,24
Área total	0,52
Nº de Acessos	0,72*
Extensão dos berços	0,37

\*Correlação significativa (nível de significância de 5%)

O Nº de Acessos foi o segundo insumo com correlação alta e significativa com o escore de eficiência EF1. Agregando o número de acessos ao escore, a eficiência média dos terminais passa para 0,79, conforme pode ser verificado na tabela A4.

Tabela A4 Escores de Eficiência para os terminais considerando os insumos “Nº de Berços” e “Nº de Acessos” e o produto “Movimentação de Contêineres”

Terminais	EF2
CONVICON – PA	0,9998
Libra Rio –RJ	0,9849
Libra Santos – SP	0,7485
Multi Rio – RJ	1,0000
TCP – PR	1,0000
TECONDI – SP	0,4291
TECONVI – SC	0,5804
TECON Rio Grande – RS	0,6172
TECON Salvador – BA	0,6029
TECON Santos – SP	1,0000
TECON Sepetiba – RJ	0,7425
TECON Suape – PE	1,0000
TVV – ES	0,5169
Eficiência Média	0,7863

Como não se verificou correlação alta e significativa dos demais insumos com esse escore de eficiência, a primeira proposição de modelo é apresentada abaixo.

$$EF2 = \frac{\text{movimentação de contêineres}}{\text{número de berços} + \text{número de acessos}} \quad (A1)$$

Os pesos mínimo e máximo atribuídos para cada variável que compõe o escore EF2 são mostrados na tabela abaixo:

Tabela A5 Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis para o escore EF2

VARIÁVEIS	INTERVALO DE PESOS	
Movimentação de Contêineres	0,0232	0,4444
Número de Berços	0,0000	0,6685
Número de Acessos	0,0000	0,0959

Como pode ser verificado na tabela A1., o insumo “Extensão de Berço” apresentou a segunda maior correlação e significativa com o produto “Movimentação de Contêineres”. Assim, será construído outro escore de eficiência considerando o insumo “Extensão de Berço” e o produto “Movimentação de Contêineres”.

Os escores de eficiência para cada terminal são mostrados na tabela A6.

Tabela A6 Índice de eficiência para cada terminal utilizando o insumo “Extensão de berços” e o produto “Movimentação de contêineres”

Terminais	EF3
CONVICON – PA	0,0700
Libra Rio –RJ	0,3100
Libra Santos – SP	0,4100
Multi Rio – RJ	0,3100
TCP – PR	0,7000

Terminais	EF3
TECONDI – SP	0,4100
TECONVI – SC	0,2500
TECON Rio Grande – RS	0,4700
TECON Salvador – BA	0,2800
TECON Santos – SP	1,0000
TECON Sepetiba – RJ	0,8000
TECON Suape – PE	0,3100
TVV – ES	0,4100
Eficiência Média	0,4400

A eficiência média dos terminais para esse escore (EF3) foi de 0,44, um pouco menor que aquele alcançado em EF1 que foi de 0,47. Foi, então, verificada a correlação entre EF3 e os demais insumos, conforme tabela A7.

Tabela A7 Correlação entre insumos e índice de eficiência EF3

Insumos	EF3
Calado canal	0,12
Calado cais	0,16
Número de berços	0,30
Área total	0,72*
Acessos	0,55

\*Correlação significativa (nível de significância de 5%)



A variável que apresentou correlação alta e significativa com EF3 foi a Área total. Agregando esse insumo ao escore EF3, os seguintes escores de eficiência foram encontrados:

Tabela A8 Índice de eficiência EF4 para cada terminal utilizando os insumos “Extensão de berços” e “Área Total” e o produto “movimentação de contêineres”

Terminais	EF4
CONVICON – PA	0,9999
Libra Rio –RJ	0,6109
Libra Santos – SP	0,8065
Multi Rio – RJ	0,5509
TCP – PR	0,8973
TECONDI – SP	1,0000
TECONVI – SC	0,7064
TECON Rio Grande – RS	0,4733
TECON Salvador – BA	0,7745
TECON Santos – SP	1,0000
TECON Sepetiba – RJ	1,0000
TECON Suape – PE	0,4369
TVV – ES	1,0000
Eficiência Média	0,7890

A eficiência média do escore EF4 foi de 0,79. Verificando a correlação entre o escore EF4 com os demais insumos não foi encontrada correlação alta e significativa, conforme pode ser visualizado na Tabela A9.

Tabela A9 Correlação entre insumos e o escore EF4

Insumos	EF4
Calado canal	0,07
Calado cais	-0,01
Número de berços	0,00
Número de Acessos	0,35

\*Correlação significativa (nível de significância de 5%)

Logo o escore EF4 pode ser descrito da seguinte forma:

$$EF4 = \frac{\text{movimentação de contêineres 2011}}{\text{extensão dos berços} + \text{área total}} \quad (A2)$$

Os pesos mínimo e máximo atribuídos para cada variável que compõe o escore EF4 são mostrados na tabela abaixo:

Tabela A10 Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis para o escore EF4

VARIÁVEIS	INTERVALO DE PESOS	
Movimentação de Contêineres	0,0232	0,4444
Extensão de Berços	0,0000	0,4672
Área Total	0,0000	0,2780

Outro escore foi construído considerando como primeiro insumo o “Número de acessos” e como produto a “Movimentação de contêineres”. Para o índice EF5, os escores de eficiência estão descritos na tabela abaixo:

Tabela A11 Índices de eficiência para o escore EF5, utilizando o insumo “Número de acessos” e o produto “Movimentação de contêineres”

Terminais	EF5
CONVICON – PA	0,0500
Libra Rio –RJ	0,6800
Libra Santos – SP	0,7200
Multi Rio - RJ	0,7000
TCP – PR	0,3200
TECONDI – SP	0,3000
TECONVI – SC	0,5200
TECON Rio Grande - RS	0,4300
TECON Salvador – BA	0,3500
TECON Santos - SP	1,0000
TECON Sepetiba – RJ	0,4300
TECON Suape - PE	0,5900
TVV - ES	0,2500
Eficiência média	0,4900

A eficiência média para esse escore foi de 0,49. A seguir foi calculada a correlação entre esse escore e os demais insumos. Essas correlações são mostradas abaixo:

Tabela A12 Correlação entre insumos e o escore EF5

Insumos	EF5
Calado canal	0,00
Calado cais	0,37
Número de berços	0,60*
Área total	0,37
Extensão dos berços	0,58*

\*Correlação significativa (nível de significância de 5%)

Como os insumos “Número de acessos” e “Números de berços” já foram usados na construção do índice de eficiência EF2 será incluído nesse passo o insumo “Extensão de berços”. Os escores são mostrados na tabela A13.

Tabela A13 Índices de eficiência para o escore EF6, utilizando os insumos “Número de acessos” e “Extensão de berços” e o produto “Movimentação de contêineres”

Terminais	EF6
CONVICON – PA	0,9986
Libra Rio –RJ	0,9849
Libra Santos – SP	0,7485
Multi Rio - RJ	1,0000
TCP – PR	0,7248
TECONDI – SP	0,4311

Terminais	EF6
TECONVI – SC	0,5804
TECON Rio Grande - RS	0,4733
TECON Salvador – BA	0,4296
TECON Santos - SP	1,0000
TECON Sepetiba – RJ	1,0000
TECON Suape - PE	0,6549
TVV - ES	0,4481
Eficiência média	0,7288

Com a inclusão desse insumo a eficiência média foi de 0,73. A tabela A14 apresenta a correlação entre o escore EF6 e os demais insumos.

Tabela A14 Correlação entre insumos e o escore EF6

Insumos	EF6
Calado canal	0,20
Calado cais	-0,14
Número de berços	-0,16
Área total	-0,29

\*Correlação significativa (nível de significância de 5%)

Como não se verificou correlação alta e significativa do escore EF6 com os demais insumos, o índice de eficiência EF6 tem a seguinte forma:

$$EF6 = \frac{\text{movimentação de contêineres 2011}}{\text{número de acessos} + \text{extensão dos berços}}$$

Os pesos atribuídos a essas variáveis são mostrados na tabela A15.

Tabela A15 Intervalo de Pesos atribuídos às variáveis para o escore EF6

VARIÁVEIS	INTERVALO DE PESOS	
Movimentação de Contêineres	0,0211	0,4444
Extensão de Berços	0,0000	7,0072
Número de Acessos	0,0000	0,0959

A eficiência média alcançada nos escores EF2 e EF4 foi à mesma, Porém, como o foco do estudo está na acessibilidade aos terminais de contêineres e esta variável foi incluída no escore de eficiência EF2, esse índice de eficiência composto por Movimentação de Contêineres como produto e “Número de Berços” e “Número de Acessos” como insumos (apresentado em (6.1)) será o utilizado nessa análise.

## ANEXO B

Nas tabelas B1, B2 e B3 são apresentadas as estatísticas das variáveis incluídas no Índice de Eficiência selecionado.

Tabela B1 Dados percentuais referentes à movimentação em TEUs no período compreendido entre 2004 e 2011

<b>Terminais/ Movimentação em TEU's</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<b>CONVICON – PA</b>	2,00	3,05	2,74	2,34	2,22	2,62	2,65	2,26
<b>Libra Rio – RJ</b>	17,5	17,5	15,98	13,57	14,26	19,59	16,13	17
<b>Libra Santos - SP</b>	93,7	71,44	65,91	73,14	72,2	70,7	56,71	54,2
<b>Multi-Rio – RJ</b>	23,5	16,5	15,67	16,8	18,3	17,34	16,34	17,27
<b>TCP – PR</b>	48,9	41,1	43,73	40,4	43,89	57,2	50,16	47,33
<b>TECONDI – SP</b>	28,15	21,33	21,96	22,02	25,42	28,88	29,4	30,02
<b>TECON Rio Grande - RS</b>	82,05	66,5	55,03	50,72	50,07	63,6	49,3	43,16
<b>TECON Salvador - BA</b>	23,75	21,9	22,63	20,53	18,85	22,53	19,43	17,7
<b>TECON Santos – SP</b>	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>TECON Sepetiba - RJ</b>	19,6	20,34	23,27	14,6	24,78	21,83	21,86	21,8
<b>TECON Suape - PE</b>	19,11	17,8	17,9	19,84	23,18	24,67	25,2	29,36
<b>TECONVI - ES</b>	69,6	55,37	49,24	40,16	38,13	19,05	28,5	26,02
<b>TVV – ES</b>	25,54	21,83	22,47	22,32	20,78	20,5	18,44	18,65

Tabela B2 Dados percentuais referentes ao número de acessos no período compreendido entre 2004 e 2011

[illegible]

<b>Terminais/Acessos</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<b>TECON Sepetiba – RJ</b>	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33
<b>TECON Suape – PE</b>	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33
<b>TECONVI - SC</b>	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33
<b>TVV – ES</b>	50	50	50	50	50	50	50	50

Tabela B3 Dados percentuais referentes ao número de berços no período compreendido entre 2004 e 2011

<b>Terminais/ Número de berços</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<b>CONVICON – PA</b>	20	20	20	20	20	20	20	20
<b>Libra Rio – RJ</b>	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>Libra Santos – SP</b>	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>Multi-Rio – RJ</b>	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>TCP - PR</b>	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>TECONDI – SP</b>	40	40	40	40	40	40	60	60
<b>TECON Rio Grande - RS</b>	40	40	40	40	40	60	60	60
<b>TECON Salvador - BA</b>	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>TECON Santos - SP</b>	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>TECON Sepetiba - RJ</b>	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>TECON Suape - PE</b>	40	40	40	40	40	40	40	40
<b>TECONVI – SC</b>	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>TVV – ES</b>	40	40	40	40	40	40	40	40



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência 1. Disponível site: <<http://www.agencia1.com.br/7489-brasil-precisa-de-52-mil-quilometros-de-ferrovias-diz-antf/>> Acessado em: 27 de junho de 2011 às 15 horas.

ALI, A.I.; SEIFORD, L.M. The mathematical programming approach to efficiency analysis. In FRIED, Harold O.; LOVEL, C. A. Knox; SCHMIDT, Shelton S. The Measurement of Productive Efficiency – Techniques and Applications. Oxford, 1993, 423 p. p120 – 159.

AMBROSINO, D.; SCIOMACHEN A.; TANFANI, N. Stowing a containership: the master bay plan problem. *Transportation Research Part A*, v. 38, p. 81-99, 2004.

AZAMBUJA, Ana Maria Volkmer de. Análise de Eficiência na Gestão do Transporte Urbano por Ônibus em Municípios Brasileiros. Florianópolis, 2002. 385 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.

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

BARROS, E.S.; COSTA, E.F.; SAMPAIO, Y. Análise de Eficiência das Empresas Agrícolas do Pólo Petrolina/Juazeiro Utilizando a Fronteira Paramétrica Translog. *Revista Econômica Social Rural*, v. 42 n. 4, Brasília, dez. 2004. p. 97 – 614. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?S0103-20032004000400004>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2007.

BITTENCOURT, T. A. de. Evolução do custo do frete marítimo na carga containerizada. Rio Grande, 2005. Monografia do curso de graduação em Ciências Econômicas, FURG – Universidade Federal do Rio Grande.

## *Referências*

BRITO, P. Ciclo de palestras: Portos. Impresso pela Imprensa Nacional SIG, Brasília, 2010.

BORENSTEIN, D. BECKER, J. L.; PRADO, V. J. Measuring the efficiency of Brazilian post office stores using data envelopment analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 24, n. 10, p. 1055-1078, 2004.

COELLI, T., RAO, D.S.P. E BATTESE, G.E.(1999). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

COELLI, T.J., RAO, D.S.P. e BATTESE, G.E. *An introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. 3ª edição. London: Kluwer Academic Publishers, 1997. 275 p. ISBN 0-792-8062-2.

COOPER, W.W., SEIFORD, L.M., TONE, K. *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software*. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2000. 318 p.

ERVILHA, R.A. Impactos da lei 8.630 sobre a infra-estrutura de terminais de containers e na viabilização da navegação de cabotagem de carga geral no Brasil /Renata de Albuquerque Ervilha. Rio de Janeiro: IBMEC. 88p., 2006.

ESTELLITA, L.M.P.; ANGULO, M.L. (2000) *Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão*. Rio de Janeiro: Editora da COPPE/UFRJ.

FARIA, S. F. S. *Fragmentos da história dos transportes*. São Paulo, Edições Aduaneiras Ltda, 2001, 100 pág.

FARRELL, James M. (1957) The Measurement of Technical Efficiency, *Journal of the Royal Statistics Society, SERIES A (GENERAL), PART III*, 253-290.

KUMBHAKAR, S.C; LOVELL, C. A. Knox. *Stochastic Frontier Analysis*. United Kingdom: Cambridge University Press. 2000. 333p.

## Referências

LACERDA, S.M. Investimentos nos Portos Brasileiros: Oportunidades da Concessão da Infra-Estrutura Portuária, Economista do Departamento de Transportes e Logística do BNDES, BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 22, p. 297-315, set. 2005. Disponível em: < [http:// www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set2209.pdf](http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set2209.pdf)>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2007.

LINDAU, L.A.; COSTA, M.B.B.; SOUSA, F.B.B. “Em busca de *benchmark* da produtividade de operadores de ônibus”. In: Transporte: experiências em rede. pp.199-221, 2001.

LOVELL, C.A.K., 1993. "Linear Programming Approaches to the Measurement and Analysis of Productive Efficiency". Papers 393e, Georgia - College of Business Administration, Department of Economics.

MAGEE, J. F. Logística Industrial: análise e administração dos sistemas de suprimento e distribuição. São Paulo, Pioneira, 1977.

Ministério dos Transportes. Disponível site: <<http://www.transportes.gov.br/bit/portos/antonina/depoanton.htm>> Acessado em: 11 de novembro de 2010 as 03h12min.

Multi-Rio Opeações Portuáris S/A. Disponível site: <<http://www.multirio.com.br/download/Resultados%20Concretos.pdf>> Acessado em: 27 de março de 2012 as 2 horas e 41 minutos.

NOGUEIRA, M.A. Universidade Federal de Vicosa, dezembro de 2005. Eficiência técnica na agropecuária das microrregiões brasileiras. Orientadora: Sonia Maria Leite Ribeiro do Vale. Conselheiros: Adriano Provezano Gomes e Heleno do Nascimento Santos.

OGMO – Órgão Gestor de Mão-de-Obra. Competência e Responsabilidade dos OGMOs. Comissão Portos. Brasília, Agosto de 2000.

## *Referências*

PASCUAL, R.F. Eficiência de los centros públicos de educación secundaria de la provincia de Alicante. Alicante, Espanha: Universidad de Alicante, 2000. 237 f. Tese (Doctorado en Ciencias Economicas) – Universidad de Alicante, Alicante.

PEREIRA, M.F. Mensuramento da Eficiência Multidimensional Utilizando Análise de Envelopamento de Dados: Revisão da Teoria e Aplicações. Florianópolis, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina.

PINHEIRO, A. C., "Technological Progress and Diffusion: Decomposing Total Productivity Growth in Brazilian Manufacturing". Rio de Janeiro: IPEA, 1992. 40 p. Texto para Discussão.

PINHEIRO, S. L. G. "O Enfoque Sistêmico nas Ações de Pesquisa e Extensão Rural Voltada à Agricultura Familiar: O caso da bacia leiteira de Lages", SC In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 1992, Rio de Janeiro. Anais, Brasília, DF: Sober , 1992 p. 566-82 .

PINDYCK, R. S., RUBINFELD, D. L. Microeconomia. São Paulo, Pearson Prentice All, 2007, 6ª edição.

Portal Marítimo. Disponível site: <<http://portalmaritimo.com/2010/12/03/portos-brasileiros-vem-ai-20-anos-de-modernizacao-pela-frente/>> Acessado em: 04 de julho de 2011 as 22 horas e 27 minutos.

PORTO, M.M.; SILVA, C.F. Transportes, seguros e a distribuição física internacional de mercadorias. São Paulo, Edições Aduaneiras LTDA, 2000.

RIOS, D.R. Novo Minidicionário Escolar da Língua Portuguesa. Editora DCL, São Paulo, janeiro de 2009.

RIOS, L. R.; MAÇADA, A. C. G. Seleção de variáveis para medir a capacidade de um terminal de contêineres. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 34,2002, Rio de Janeiro. Anais do XXXIV SBPO. Rio de Janeiro: SOBRAPO, 2002. CD 1.

## Referências

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

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

RODRIGUES, P. R. A. Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e à Logística Internacional. São Paulo, Edições Aduaneiras Ltda, 2002.

SENGUPTA, Jati K. Efficiency Analysis by Production Frontiers: The Nonparametric Approach. Kluwe Academics Publishers, 1989. 246 p.

Santos Brasil S/A. Disponível site: <<http://www.santosbrasil.com.br/tecon-santos-sistemas/Throughput.asp>> Acessado em 05 de março as 17 horas e 30 minutos.

Sistemar. Disponível site: <<http://www.sistemar.com.br/downloads/upload/terminaisdecontenineres.pdf>> Acessado em: 8 de junho de 2011 as 2 horas e 3 minutos.

SOARES, M. F. M.; FERREIRA, V. W., diretor de edição - Grande Dicionário Enciclopédico Volume XII. Alfragide: Clube Internacional do Livro, 2000.

SOARES, J.C.C.B., ANGULO, M. L., GOMES, E.G., SERAPIÃO, B.P.; ESTELLITA, L.M.P. (2003) *Análise Envoltória de Dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras*. Pesquisa Operacional. V. 23, nº2, p. 325-345.

SOUSA, J. N. C. (2010). Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil. Fortaleza, 2010. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 89 fls.

## *Referências*

THANASSOULIS, E. Introduction to the theory and application of data envelopment analysis: a foundation text with integrated software, 2o Ed. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2003.

VELASCO, L.O.M. **Navegação de cabotagem no Brasil**. Informe Infra- Estrutura, nº 10, BNDES. Rio de Janeiro: maio 1997.

WANG, T. F. The applicability of DEA to efficiency measurement of container ports. (2002). <http://www.eclac.cl>

WANKE, P.F., SILVEIRA, Rafael V. e BARROS, Frederico G. de. Introdução ao planejamento da infraestrutura e operações portuárias: aplicações de pesquisa operacional. São Paulo, Atlas, 2009.